TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 279 - FEVEREIRO - 1958

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.°

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **EVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

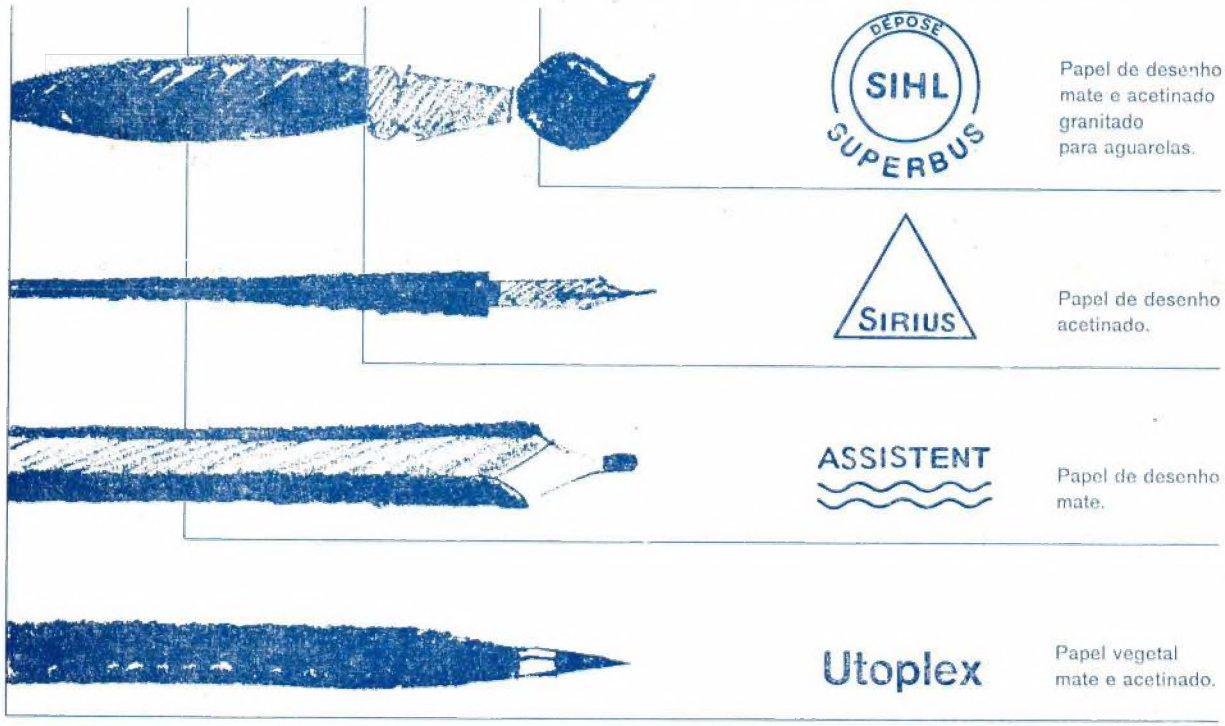
e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO ..... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas



Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

Venda em Portugal: NUCLEON Equipamentos de Precisão, Lda.
Av. António Augusto de Aguiar, 165, Lisboa

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXII - N.º 279 Fevereiro de 1958

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

ADMINISTRADOR

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

SECRETÁRIO

ALEXANDRE CERVEIRA

REDACTORES

ARTUR BAPTISTA
JOÃO MARTINS DE CARVALHO
JOÃO ULRICH
JORGE FONTAINHAS
LUÍS AIRES BARROS

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Ponte rolante para a carga de 12 Ton. e vão de 20 m equipada com colher de mandíbulas, completamente projectada e fabricada pela «MAGUE» — S. F. Moniz da Maia & Vaz Guedes, Lda — em funcionamento na Fábrica da Companhia de Cimentos Tejo (Alhandra).

Págs.

A Energia Nuclear em Portugal
Pelo Eng.º José Frederico Ulrich 309

Ferro-Titânio
Pelo Eng.º Manuel Chagas Roquette 321

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 324 e 376

Experiência referente a fundações para estruturas marítimas em Moçambique
Pelos Eng.os Manuel Pimentel Pereira dos Santos e Nelson Augusto Gomes 325

Enquadramento do transistor na teoria dos Quadripolos lineares
Pelo Eng.º J. Mariano Jervis Pereira 339

A primeira caldeira da nova central da Tapada do Outeiro
Pelo Eng.º Ilídio Mariz Simões 357

Conclusões do II Congresso dos Economistas Portugueses e do II Congresso da Indústria Portuguesa . . . 367

Do Mundo Técnico 377

Biblioteca 379

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A — Pág.

A. Gama Rocha & Filhos XLV
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª V
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXVIII
António Pacheco Agostinho XXXIV
Atlantic — Fábrica Lusitana de Tintas e Vernizes, Limitada XXXVII
António Baró XLVI
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XLV

B

Bouhon & Irmão, Ltd.ª XLVI

C

Centro de Cooperação Técnica . . . XXIII
Centrozap XX
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia «Cimento Tejo» XIV
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXXI
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XIV
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XLIII

E

Edmond Dardel II
Electro-Arco, Ltd.ª XLIV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXVII
Empresa Electro Cerâmica VI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . XLVI
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Eng.º Augusto Cavaco XIII

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXIX
Fábrica Portugal X
Facto, Lda. XXI
Feira de Hannover . . . . XXXIV e XXXV

G

General Electric Portuguesa XXX

H

Henriques & Castro, Ltd.ª XI
Henry Wiggin XXXVIII
H. Vaultier XXXIV

I

INEL XXV

J

Jayme da Costa, Lda. XIX
J. B. Fernandes & C.ª, Lda. XXVI
J. Nascimento Cordeiro XXX

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV
Lusinstal XLI

M

Mabor XLV
M A N XXXII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLI
Monteiro Gomes, Ltd.ª XII

N

Nordberg XLII
Nucleon . . . . . 2.ª da capa

P

Papelaria Fernandes XXIX
P. Bellasi XVI
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

R

Rolim Comercial XXXV

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
SKF XXXVI
SMEIA VII
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Electrom XLIV
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXII
Sociedade Comercial Luso-Columbia XLVII
Sociedade Portuguesa Cavan XIII
Socotel IV
Sofai XLVIII
SONAP XXXIII
Sondagens Rádio, Ltd.ª XIII
SOMEC XI
SOPECATE XLIV
Spril XXVI
Standard Eléctrica IX

T

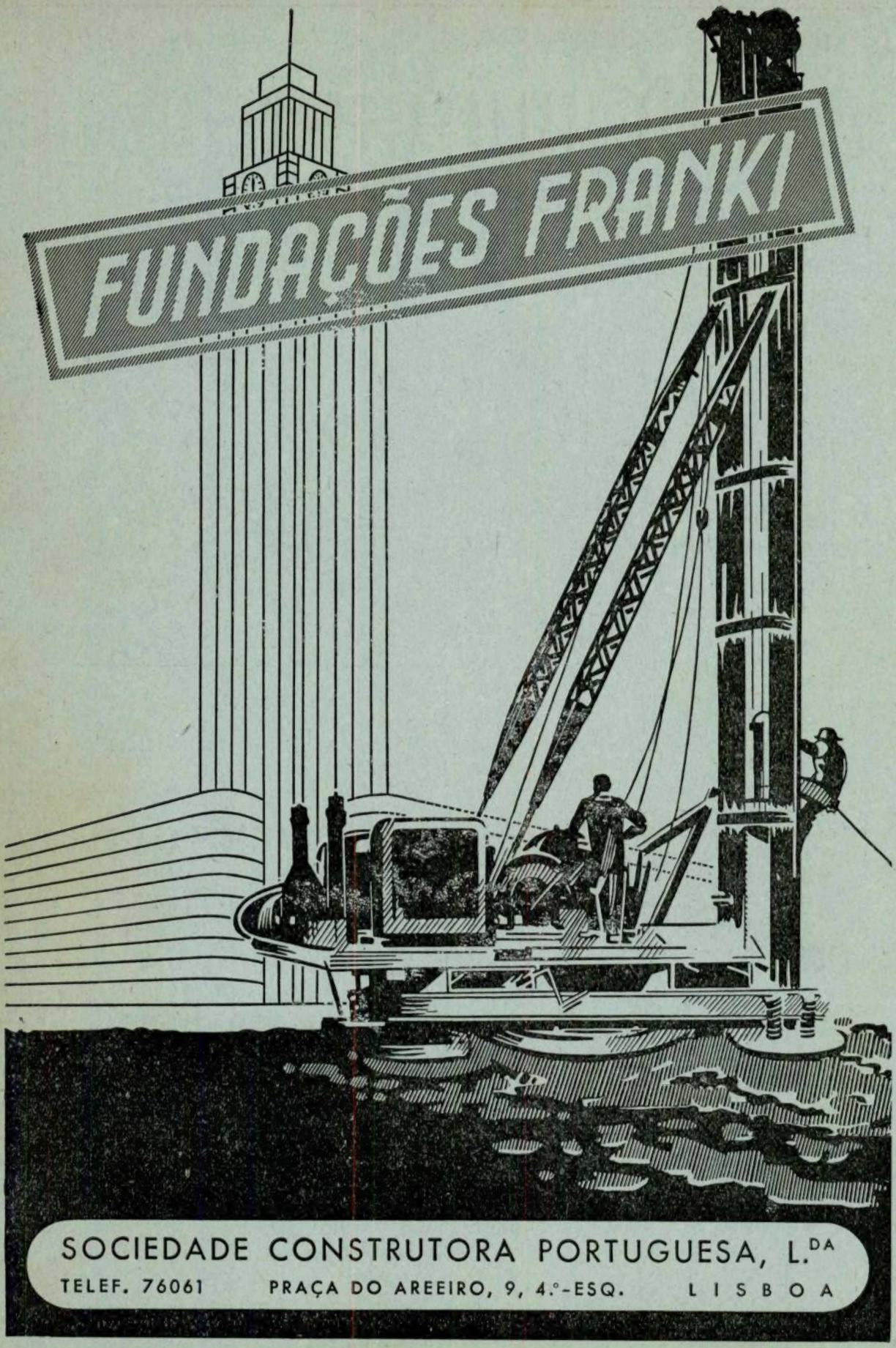
The Engineering Company of Portugal, Ltd. XXIV
Tintas Valentine XXXVIII

U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa
Universal XL

V

Vasco Pessoa, Lda. XXVI


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

COMPAGNIA ITALIANA FORME ACCIAIO

Cofragens metálicas para todas as construções de betão.

Centrais de dosagem.

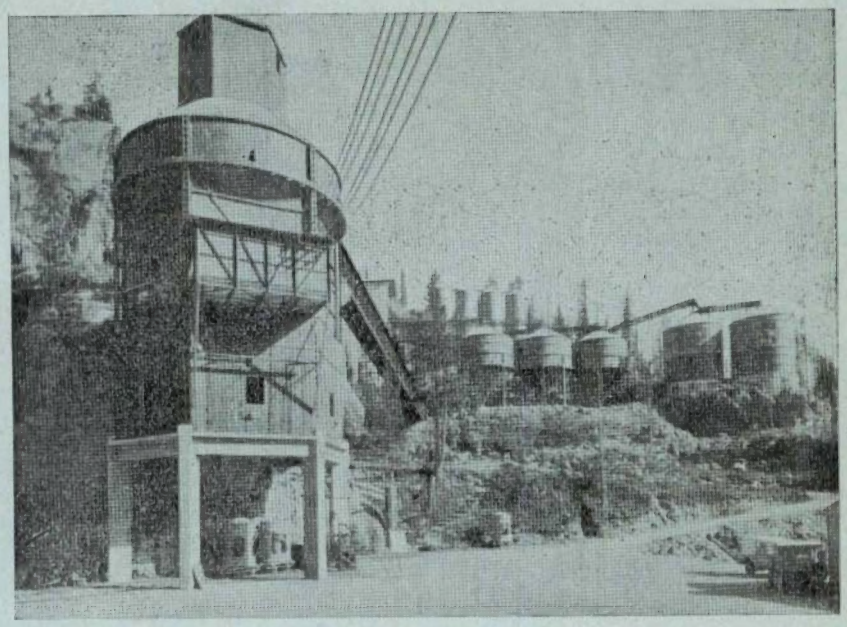
Silos para cimento, cascalho, areia, etc.

Baldes para transporte de betão.

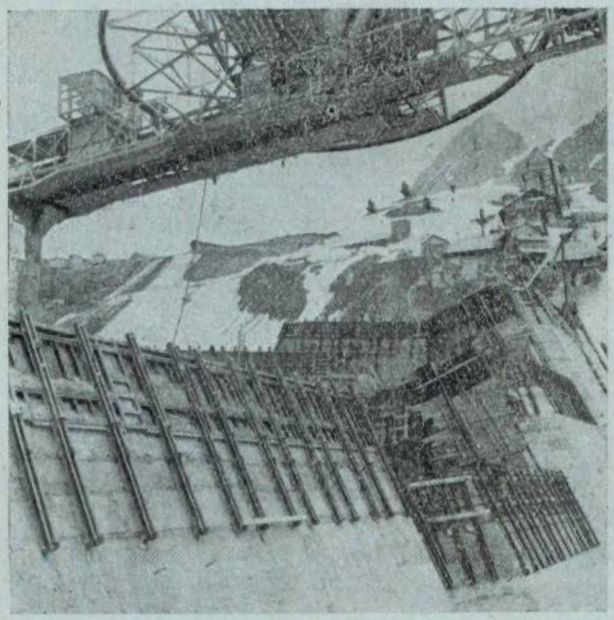
Pés de carneiro.

Elevadores verticais ou inclinados.

Alimentadores sem-fim para cimento, etc.



Consultem-nos para todos os vossos problemas de:



COFRAGEM E BETONAGEM

Agente Exclusivo:

EDMOND DARDEL

Engenheiro-consultor

RUA RODRIGUES SAMPAIO, 19-4.º B

Telefone 42289

LISBOA

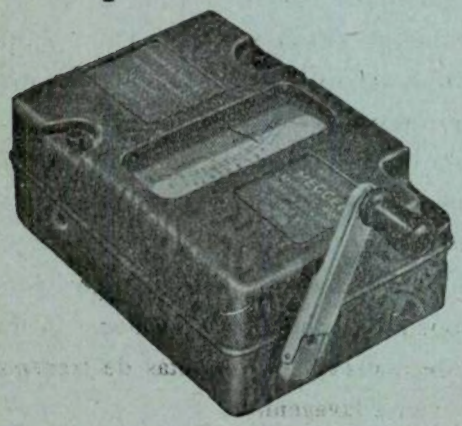
PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314 • TELEG.: TECNA



Equipamentos para Centrais Hidroeléctricas

DE ROLL

Société des Usines de Louis de Roll S.A.
Fábricas em Gerlafingen, Klus, Choindez, Rondez, Olten, Berne (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda. Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto — Telef. 27013

Instalações completas para barragens; guindastes, guinchos e pontes rolantes; máquinas para limpesa das grades de retenção; comportas de todos os tipos; órgãos de obturação para condutas forçadas: válvulas esféricas com comando por êmbolos giratórios, válvulas-borboleta, válvulas de cunha, válvulas de gaveta anular para regulação de caudais, válvulas automáticas de segurança em caso de ruptura das condutas, válvulas de descarga de fundo; funiculares e teleféricos para o transporte de pessoas e mercadorias; máquinas de estaleiro para a construção de barragens: transportadores, britadores, crivos seleccionadores vibradores, lavadores; betoneiras; projecto de instalações completas de transporte, britagem, crivagem e lavagem.

Ateliers de Constructions Electriques de

DELLE

de la Compagnie Générale d'Electricité, de Paris

DELLE está fabricando os disjuntores mais potentes do Mundo

CARACTERÍSTICAS

27.000 MVA
525 KV

NORMAS EUROPEIAS

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Côrtes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

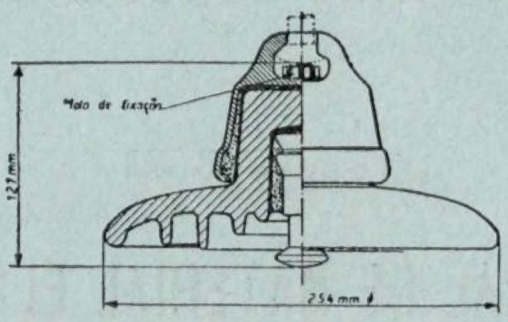
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado: 4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

SCANWO

CILINDROS PARA ESTRADAS
EQUIPADOS COM MOTOR DIESEL
BOLINDER

PARA ENTREGA IMEDIATA

SCANWO MODELO OTIL

Iluminação eléctrica, escarificador, regadores e raspadeiras

MOTOR BOLINDER

	OTIL	TITON	TOLEX
Peso (Ton.)	8 a 12	12 a 14	12 a 16
Kg/cm	24 a 76	32 a 79	40 a 81
Km/hora	1.7 a 11.0	1.3 a 8.3	1.2 a 7.7

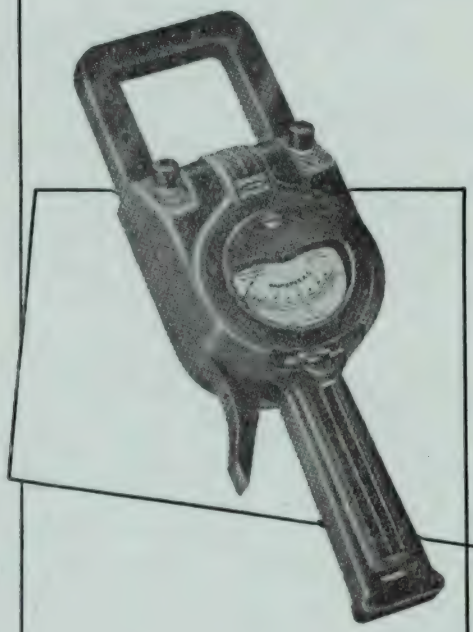
SMEIA

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola

S. A. R. L.

LISBOA — Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — Telef. 72 40 53

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Standard Electrica, S.A.R.L

ASSOCIADA DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

NOVA YORK

PROJECTOS · FORNECIMENTOS · INSTALAÇÕES

- Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;
- Materiais de transmissão automática, por fios e por rádio;
- Material de rádiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta, e ultra-alta frequência;
- Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para rádiocomunicações, rádiodifusão e televisão;
- Equipamentos de rádiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;
- Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;
- Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;
- Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

SERVIÇOS TÉCNICOS, COMERCIAIS E FÁBRICA

AV. DA INDIA LISBOA

TELEFONES 63 8171/6

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

À BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PISCINA EM CARCAVELOS

PINTURAS

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057-775058

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

SOMEC

R. Andrade Corvo, 29, 1.º — Lisboa Telefone 32795/6

Sondagens

Fundações

Betão armado

Trabalhos marítimos

Túneis

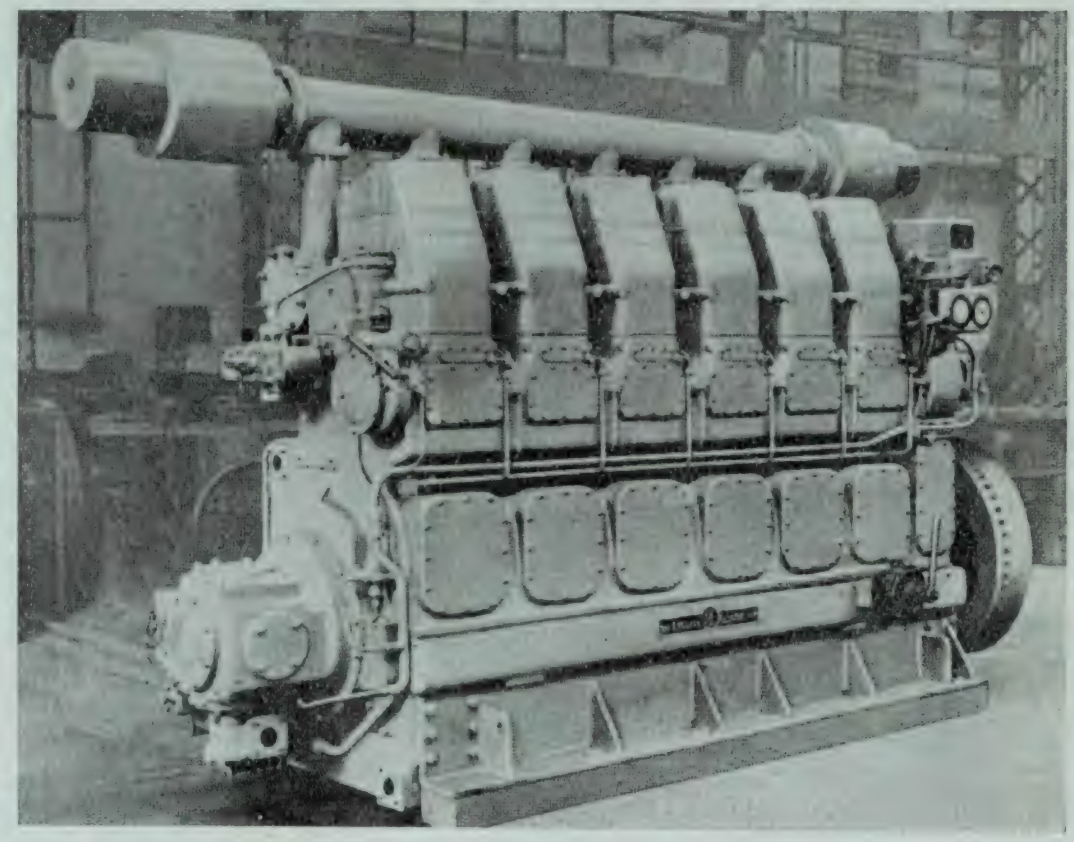
no Continente e Ultramar

Motores Diesel e de combustível duplo

'ENGLISH ELECTRIC'

DESDE 165 HP A 2000 HP

- PARA FINS INDUSTRIAIS
- TRACÇÃO
- MARÍTIMOS



THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED

Fábricas em: **Stafford, Rugby, Preston, Bradford e Liverpool**

•

Representantes exclusivos para Portugal e África Ocidental Portuguesa:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Sede: Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA

Sucursais: **PORTO, BEJA, VILA FRANCA DE XIRA e LUANDA**

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA, 62-4.º D. · LISBOA · TELEF. 53873

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

Telefones: 28685 - 26865 ✦ Telegramas: SETANSOL

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Sócio gerente: **Walter Weyermann**-Eng. civil

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

Fábrica com quatro linhas de fabrico

sendo uma delas das mais modernas da Europa

Para obras hidráulicas e de responsabilidade preferir o

CIMENTO TEJO

Companhia «Cimento Tejo»

Rua da Vitória, 88-2.º — Telef. 28953 — LISBOA

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA — Telefones 22344 27809

Fundações

Construções Civis e Industriais

Betão Armado e Betão Pré-esforçado

Obras Públicas

Concessionária do sistema de moldes deslizantes «PROMETO» e do sistema para execução de estacas de grande diâmetro «BENOTO»

Torre da Alfândega de Luanda
Execução com moldes deslizantes "PROMETO".
Altura total do deslize: 30 metros.
Duração do deslize: 5 dias e 20 horas.

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Grupo de alternadores de 13.000 e 6.500 kVA, 750 rot/min. na central de Fätschbach, Glaris (Suíça), da Nordostschweiz Kraftwerke A. G., Baden.

P. BELLASI

Rua Sá da Bandeira, 494-3.º • Telefone 21968 • PORTO

Representante geral para Portugal e Ultramar dos

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON • ZURICH 50 • (SUÍÇA)

TÉCNICA

DIRECTOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
ADMINISTRADOR: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA
SECRETÁRIO: ALEXANDRE CERVEIRA

Ano XXXIII - N.º 279 Fevereiro de 1958

C. D. U. 539.17 (469)

A ENERGIA NUCLEAR EM PORTUGAL

PELO ENG.º JOSÉ FREDERICO ULRICH

Presidente da Junta de Energia Nuclear

Conferência proferida no Instituto Superior Técnico e integrada num ciclo sobre Aplicações de Física Nuclear, promovida pela «Técnica», de colaboração com a Junta de Energia Nuclear e que teve lugar de 13 a 16 de Janeiro

Desejo, em primeiro lugar, felicitar a Direcção da «Técnica» pela iniciativa da série de palestras que hoje termina, e agradecer a Vossa Excelência, Senhor Director, o bom acolhimento que se dignou dispensar às pessoas designadas pela Junta de Energia Nuclear para aqui as virem pronunciar

Quanto à presença na de hoje do Senhor Eng.º Belard da Fonseca e, de alguns Senhores Professores, tomo-a como mais uma prova de estima e amizade pessoal a juntar a tantas outras a que de há muito me habituei de parte do Corpo Docente desta Escola. O meu reconhecimento por uma tal distinção é no entanto de certo modo toldado pela desagradável certeza de que vou desiludir qualquer espectativa de interesse especial no que me proponho dizer.

* * *

Desde que, há perto de 30 anos — como o tempo passa depressa quando se vai envelhecendo! — desde que há perto de trinta anos, dizia eu, saí deste Instituto, acabado de formar em engenharia civil, voltei mais duma vez à minha velha escola cujas esplêndidas instalações — tão diferentes das antigas de meu tempo — foram sempre gentilmente cedidas para realizações da minha responsabilidade.

Recordo, entre elas, a Exposição de Obras Públicas de 1948 e diversos congressos internacionais — de Estradas, de Portos, etc. — que tiveram lugar durante a minha passagem pela pasta das Obras Públicas.

Depois de abandonar o Governo, quis o destino que me fossem confiadas funções também relacionadas com o Instituto Superior Técnico, sede de alguns importantes Centros de Estudo incumbidos da especialização de pessoal destinado à Junta de Energia Nuclear e onde, em fins do ano passado, levamos a efeito a exposição «Átomos para a Paz» que tanto interesse despertou em Lisboa.

É assim grande a minha dívida de gratidão a esta Casa pelo bom acolhimento que nela sempre recebi para iniciativas de departamentos oficiais da minha responsabilidade; e é pois natural que, solicitado por uma iniciativa dos seus alunos, eu aqui esteja hoje — e com desvanecido prazer — a prestar-lhes a minha modesta colaboração.

O Dr. Carlos Cacho e o Eng.º Ricardo Cabrita pronunciaram palestras sobre «energia nuclear e sua utilização» e «produção e utilização de isótopos radioactivos», que segundo me dizem, foram

bastante concorridas. Isso não surpreende tratando-se de dois técnicos muito distintos e profundamente conhecedores dos problemas que foram convidados a versar. Depois deles, a minha palestra vai certamente destoar, mas, para vosso inteiro sossego, desde já lhes garanto que serei muito breve.

* * *

Pediram-me para dizer alguma coisa sobre *«a energia nuclear em Portugal»*.

. . . É o que vou fazer, mas antes, à laia de introdução, convirá esboçar, em ligeiro apontamento, a história da evolução do problema no Mundo.

Como sabem, os primeiros passos da ciência nuclear aplicada datam da última guerra mundial e tiveram lugar nos Estados Unidos e no Canadá, com o objectivo do fabrico de armas atómicas. Terá interesse relembrar o episódio que marcou, poderá dizer-se, o início da era atómica dos nossos dias:

Em 2 de Agosto de 1939, recebeu o Presidente Roosevelt uma carta assinada por Einstein na qual se dizia, em resumo, o seguinte:

«Pelos trabalhos realizados, nos anos de 1935 e 1939, por Joliot, em França, e por Fermi e Szilard, nos Estados Unidos, revelara-se a possibilidade de provocar, numa grande massa de urânio, uma reacção em cadeia através da qual se pudessem produzir vastas quantidades de energia e novos elementos do tipo rádium. Este fenómeno poderia conduzir também ao fabrico de engenhos explosivos, sendo concebível — «embora muito menos certo», dizia o grande cientista — que bombas poderosíssimas, de tipo inieiramente novo, pudessem assim ser produzidas.

Seguiam-se algumas considerações sobre a existência de urânio no Mundo e salientava-se a então recente suspensão da venda do urânio produzido nos ricos jazigos da Checoeslováquia, relacionando tal resolução com o facto de o filho de um então Subsecretário alemão, Von Weizacher, trabalhar no Kaiser — Wilhelm — Institut de Berlim, onde as investigações americanas sobre o urânio, estavam nesse momento a ser repetidas.

É fácil de compreender o efeito — de verdadeira «bomba atómica» — que terá produzido esta missiva no espírito de quem a recebeu. E na verdade tal foi ele que logo o Presidente dos Estados Unidos resolveu fazer estudar a fundo o problema posto, rodeando, claro está, a questão do mais rigoroso e apertado sigilo.

Entretanto, em 7 de Dezembro de 1941, verificava-se o ataque japonês à base naval de Pearl Harbour — do qual resultou a entrada formal dos Estados Unidos na conflagração mundial — e a advertência de Einstein ganhou, dessa feita, ainda maior acuidade pois não se ignorava que a parte principal dos trabalhos de investigação base das possíveis aplicações práticas da energia nuclear era devida a cientistas alemães.

O que de seguida se passou é do conhecimento geral: tratou-se de recrutar os cientistas mais conhecedores da matéria — franceses, ingleses, canadianos e americanos — e com eles se constituiu, no Canadá, o primeiro centro de investigação atómica aplicada — centro ainda existente, denominado «Chalk River». Para lá foi transferida a *água pesada* de origem norueguesa com que Halban e Kowarsky tinham conseguido fugir para Inglaterra quando da ocupação da França pelos exércitos alemães. Diga-se, de passagem, que se tratava de uns escassos 160 litros daquele preciosíssimo produto — mas era o único com que os Aliados podiam contar para ponto de partida dos seus trabalhos no campo nuclear. Daí por diante, tudo rolou como bola de neve: foram construídas as imensas instalações americanas de Oak Ridge, Los Alamos, Berkeley, etc., e a breve trecho foi possível produzir as primeiras bombas que vieram a ser lançadas sobre Hiroshima e Nagazaki e puseram o Japão fora de combate.

Terminada a guerra, em face das extraordinárias possibilidades de aplicação reveladas nos estudos em Chalk River e nos mencionados centros de Oak Ridge, etc., logo as nações mais poderosas se lançaram no seu prosseguimento, em centros próprios, isolados e defendidos na medida do

possível contra a transpiração de qualquer segredo que pudesse revelar o grau de adiantamento dos trabalhos em curso.

Apesar de tudo, verificaram-se actos de espionagem através dos quais se foram revelando certos êxitos na pesquisa de novas bombas e tão alucinante se apresentou a hipótese da sua utilização que começou a desenhar-se um movimento no sentido do estabelecimento de acordos que a evitassem.

Daí nasceu a ideia, lançada pelo Presidente Eisenhower em Dezembro de 1953, da criação duma *Agência Internacional de Energia Atómica* que constituisse uma espécie de entreposto de distribuição das matérias primas utilizadas na produção dessa energia e, do mesmo passo, órgão fiscalizador do seu exclusivo emprego para fins pacíficos.

A iniciativa foi, de uma forma geral, bem recebida e dela resultou a realização da grande Conferência de Genebra de 1955, na qual participaram quase todos os países do Mundo, Conferência que marcou sem dúvida o mais decisivo passo até hoje dado na evolução da política mundial da energia nuclear: até à sua realização, tudo era ultra-secreto e daí resultava, naturalmente, duplicação, de esforços com dispêndios avultadíssimos; na Conferência, veio a verificar-se que os pormenores técnicos e tecnológicos fundamentais eram afinal conhecidos das principais potências, e desde então passou a viver-se em ambiente de colaboração — dentro de certos limites, já se vê, mas muito grande em confronto com o que anteriormente se verificava.

Eu senti bem essa evolução da política atómica mundial.

Quando me foi confiada a presidência da Junta de Energia Nuclear, em Abril de 1954, tudo quanto se relacionava com contactos internacionais, visitas a instalações atómicas de outros países e entre-ajuda na especialização de pessoal técnico, tudo isso se revestia das maiores dificuldades: a colaboração internacional era pràticamente inexistente. É certo que, naquele alvorecer das nossas actividades no sector nuclear, foi possível conquistar amizades e estabelecer algumas relações úteis com dirigentes e cientistas estrangeiros, de onde resultaram certos «favores» de que muito beneficiámos A partir, porém,da Conferência de Genebra, tudo mudou radicalmente e hoje proliferam por esse Mundo de Cristo um sem fim de «acordos bilaterais» e de associações internacionais, todas à compita a ver qual promove mais colaboração entre os povos, a nomeação de mais comissões de estudo, o estabelecimento de mais normas e regras universais — em resumo, tende-se para situação em parte diferente da que antes daquela Conferência se verificava: então, por de tudo se guardar segredo, muitas descobertas eram feitas duas e três vezes; hoje, reflexo, talvez, da era desportiva que vivemos, a competição é feita às claras, com pleno conhecimento de causa, numa corrida de velocidade a ver qual o organismo que, de entre o ramalhete dos existentes, consegue bater o «record» da produtividade. Volta assim a dar-se uma duplicação de esforços com dispêndios avultados; a forma é que variou! — mas que se lhe há-de fazer?

Uma coisa, porém, é certa: hoje, existe de facto espírito de colaboração no campo de energia nuclear e, como é natural, daí resultam vantagens enormes para os países como o nosso — que são, aliás, a maioria dos países do Mundo — empenhados em entrar nos seus domínios, com o objectivo de tirarem o maior proveito possível das imensas possibilidades que ele abre ao progresso pacífico da humanidade.

* * *

Desculpem ter-me alongado um pouco neste preâmbulo, mas pareceu-me conveniente dar-vos uma ideia de evolução das coisas nucleares até chegarem ao ponto em que presentemente se encontram, para melhor poderem apreciar aquilo que vos vou dizer agora sobre a posição do *problema da energia nuclear em Portugal*:

A *energia nuclear* interessa ao nosso País na mesma medida em que interessa ao resto do Mundo:

Para a *produção de energia eléctrica*, a partir do momento em que se encontrem esgotados os nossos recursos térmicos e hidráulicos; e desde já nas possíveis *aplicações de radioisótopos* em que há dois dias ouviram falar.

— Quanto à primeira finalidade, não entrarei em pormenores sobre a data a partir da qual é de prever a necessidade de recorrermos à nova fonte para cobertura do nosso consumo de energia. Ninguém, de resto, dada a impossibilidade de uma previsão rigorosa da futura evolução desse consumo e da própria tecnologia nuclear, o poderia afirmar com rigor. Direi apenas que estabelecemos — aliás, de acordo com as entidades competentes do Ministério da Economia —, como premissa orientadora da nossa acção, que tal momento deverá surgir lá para 1965, isto é, daqui a cerca de 8 anos.

É afortunada esta nossa posição, por permitir esperar ainda algum tempo antes de nos vermos obrigados a tomar uma decisão formal sobre o *tipo de central nuclear* a escolher, porque entretanto muitos terão sido ensaiados em outros países e assim, chegado o momento de fazer a nossa escolha, poderemos beneficiar dessa experiência — que, diga-se de passagem, custará muito, muito caro às nações que, pela força das circunstâncias ou por interesse de ordem industrial, se dispõem a realizá-la.

Na verdade, presentemente apenas se conhece a existência de duas unidades nucleares produzindo energia em escala industrial: a central de Calder Hall, em Inglaterra — cuja inauguração em Outubro de 1956, vos vamos mostrar de seguida num filme na ocasião tirado — e o órgão propulsor do submarino «Nautilus», que há mais dum ano vem navegando, segundo se diz, com pleno êxito. Os reactores da central de Calder Hall, porém, têm por finalidade principal a produção de plutónio, constituindo «sub-produto» a energia eléctrica que originam. Consta que têm trabalhado satisfatòriamente, e mesmo com tanta regularidade que o seu tipo, aqui descrito na palestra do Dr. Carlos Cacho, está merecendo grande aceitação no presente momento.

Entretanto, em Shippingport, nos Estados Unidos, entrou há cerca de um mês em «rodagem» outra central, com potência instalada da ordem dos 60.000 kW — e cujo custo, segundo recente notícia da imprensa americana, atingiu 72.500.000 dólares — na nossa moeda, cerca de 2.100.000 contos, isto é, a cifra verdadeiramente astronómica de 35 contos por kW instalado. A unidade é classificada, pelos seus realizadores, como um «developmental project», sem qualquer base económica e portanto só justificada por objectivos de investigação.

A par disto, iniciaram os ingleses a realização de um vasto plano de centrais nucleares — numa primeira fase, 4 com potências da ordem dos 200.000 a 300.000 kW —, das quais algumas se encontram já em começo de construção. Todas, embora naturalmente com aperfeiçoamentos vários, serão munidas de reactores do mesmo tipo dos de Calder Hall, ou seja: urânio natural, moderação por grafite e arrefecimento por gás sob pressão.

Chamo a vossa atenção para o facto de ser justamente no País que nos habituáramos a considerar carbonífero por excelência, onde mais cedo se tornou necessário recorrer à fonte nuclear para satisfação das exigências crescentes do consumo de energia eléctrica. Isto resulta do progressivo esgotamento das suas reservas de carvão exploráveis em condições económicas — à face das leis sociais que em Inglaterra regem o Trabalho —, o que conduz à necessidade de importar esse combustível em quantidades muito elevadas. Assim, como não dispõe de potencial hidráulico, só lhe resta o recurso da energia nuclear, de que se vê forçada a lançar mão, apesar de o seu custo se manter ainda muito elevado em relação à energia produzida pelas centrais térmicas convencionais.

Em França, também se encontra em construção uma central nuclear de nível industrial, que deverá ficar concluída no próximo ano, e assim, repito, lá para 1961 ou 62, quando tivermos de começar a pensar na nossa central, poderemos contar com uma boa dose de experiência acumulada, que muito facilitará a escolha a fazer.

Por outro lado, nas condições actuais da tecnologia dos reactores, as centrais nucleares são, sob o ponto de vista económico, semelhantes às centrais hidro-eléctricas: elevado preço de primeiro estabelecimento e baixo encargo de exploração pròpriamente dita.

Trata-se pois de unidades só rentáveis — ou, antes, relativamente rentáveis — quando exploradas em regime de elevado coeficiente de utilização, ou seja na *cobertura da base do diagrama de cargas,*

tornando-se ruinoso empregá-las com a finalidade de *apoio*, econòmicamente viável nas centrais térmicas queimando carvão, óleo ou outro combustível tradicional.

A verdade, porém, é que mesmo este aspecto do problema poderá evoluir nos próximos anos — mais uma razão para darmos o seu justo valor ao facto de nos não ser imposta uma decisão imediata nesta matéria.

* * *

— No que se refere às aplicações de radioisótopos, é sector em que vimos já trabalhando há alguns anos. Nele, tem a Junta de Energia Nuclear fomentado a realização de trabalhos de investigação e de aplicação prática relacionados: com a indústria e a engenharia, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil; com a biologia, na Estação Agronómica Nacional; com a medicina, no Centro de Estudos Egas Moniz, e nas Faculdades de Medicina de Lisboa e de Coimbra. Para o efeito, temos concedido subsídios, que até hoje somaram cerca de *1400 contos*, destinados à aquisição de equipamentos e à manutenção do pessoal técnico necessário durante dois anos. A fixação deste limite de tempo baseia-se no princípio de que se os centros se revelarem de interesse prático deverão os respectivos encargos transitar para os estabelecimentos em que se encontram instalados.

Por sua vez, mantém o Instituto de Alta Cultura em funcionamento alguns Centros de grande valia abrangendo os sectores da Física, da Química e da Medicina nucleares. Encontram-se eles, na sua quase totalidade, localizados na Faculdades de Ciências e nas Escolas de Engenharia do Porto e de Lisboa. Um, porém, o Laboratório Abílio Lopes do Rego, está instalado num pavilhão do Instituto Português de Oncologia e o nível do trabalho nele produzido não destoa da alta craveira que esta notável instituição portuguesa logrou atingir sob a modelar direcção e o incansável impulso do Senhor Prof. Francisco Gentil — que, aliás e como é natural, superintende também na actuação desse Laboratório.

Finalmente, deverá referir-se o Serviço de Radioisótopos do Instituto de Medicina Tropical, subsidiado pela Junta de Investigação do Ultramar.

Na 1.ª REUNIÃO DE TÉCNICOS PORTUGUESES DE ENERGIA NUCLEAR, que dentro de dias terá lugar nesta cidade, serão apresentados relatórios deveras interessantes dos trabalhos realizados nos referidos estabelecimentos oficiais, e eu recomendaria aos futuros engenheiros que me escutam uma visita à secção de radioisótopos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que certamente lhes será facilitada pelo ilustre director desse modelar centro português de investigação aplicada — o Eng.º Manuel Rocha.

* * *

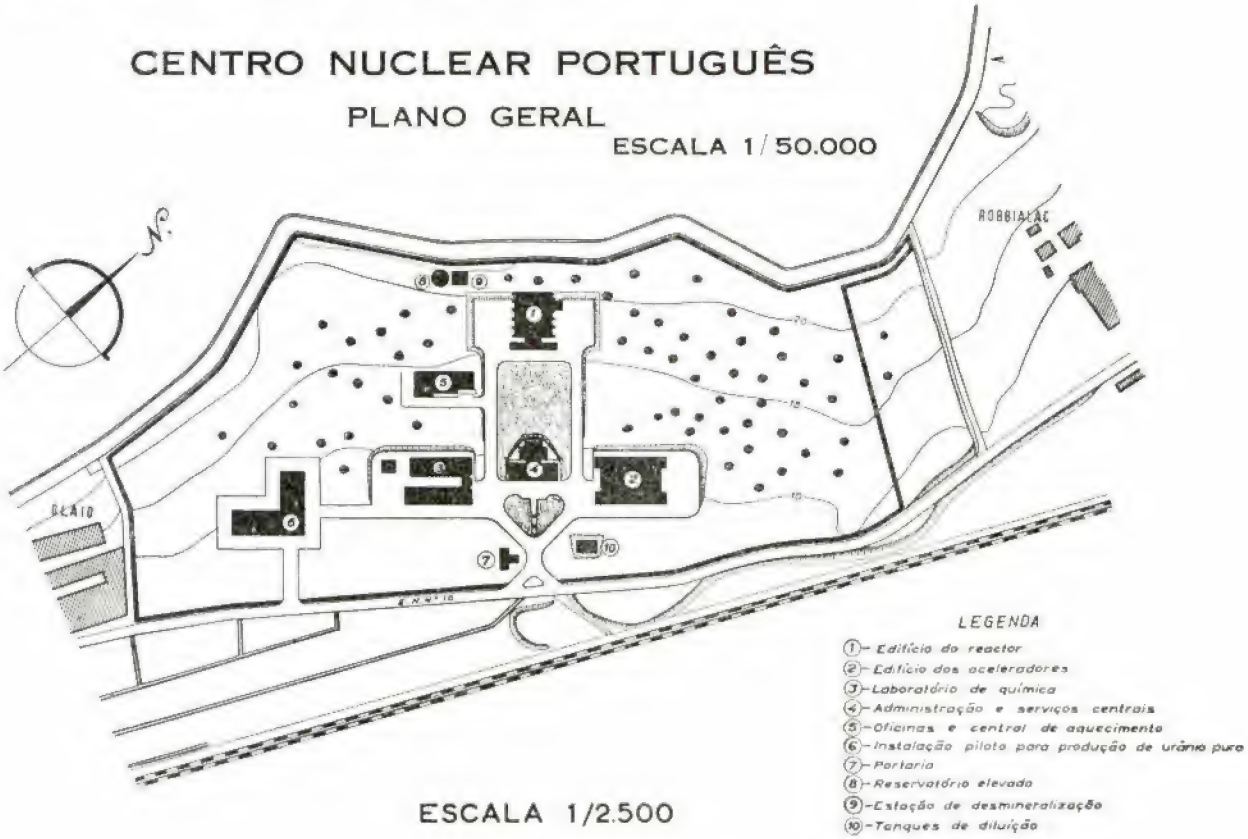
— Enunciados, nas suas linhas muito gerais, os aspectos em que a energia nuclear mais directamente nos interessa, vou agora dizer-vos, em meia dúzia de palavras, o que a Junta tem feito para cumprir a missão que em 1954 lhe foi confiada, a qual consistia essencialmente em contribuir para o desenvolvimento da ciência nuclear em Portugal e estudar todas as suas aplicações de possível interesse para o país.

Já várias vezes tenho afirmado, mas nunca será de mais repeti-lo, que quando aquele organismo foi criado, partimos de muito perto do zero absoluto, e não direi do zero absoluto porque anteriormente se verificara já um esforço sem dúvida meritório: o dos Centros de Estudo, criados no Instituto da Alta Cultura por inspiração oportuna do Engenheiro Francisco Leite Pinto, professor desta Escola e hoje Ministro — e notável! — da Educação Nacional.

Com base em quatro técnicos que haviam frequentado esses centros e beneficiado de bolsas de estudo do referido Instituto de Alta Cultura, foi possível fundar um pequeno grupo que hoje constitui o núcleo técnico da Junta.

Entrctanto, em colaboração com os mencionados Centros de Estudo, prosseguimos na preparação de mais pessoal técnico de que o organismo carecerá no futuro, designadamente para o seu Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, que trazemos presentemente em construção e sobre o qual vos direi agora duas palavras.

Para implantação deste nosso centro de investigação e treino de pessoal, foi possível encontrar um terreno nas vizinhanças de Lisboa e próximo do rio Tejo, características que, como é evidente muito facilitarão o seu acesso e a sua utilização.



Como equipamento fundamental, disporá o Laboratório de:

Um *reactor nuclear* do tipo «piscina» com a potência de um megawatt e fluxo de 10^{14} neutrões por centímetro quadrado e segundo;

Dois *aceleradores de partículas*, dos quais um do tipo Van-der-Graaff de 2 milhões de electrões-volt e o outro um Cockcroft-Walton de cerca de um terço daquela potência;

Uma instalação piloto para a produção de urânio puro a partir dos nossos minérios do Continente e do Ultramar — instalação através da qual nos propomos colher os elementos necessários à concepção da futura unidade industrial de fabrico de urânio a que adiante farei referência.

Todo este equipamento se encontra adjudicado e parte já nos foi entregue.

Estão realizados os trabalhos de terraplenagem e esgotos, e em curso, a edificação dos pavilhões da Física e da Administração. Os restantes: do Reactor; da Química, que contará secções de metalurgia, de rádio-química, de análises, etc.; das oficinas e outros — serão lançados a tempo de permitir a entrada do Laboratório em pleno funcionamento até meados de 1959.

Calcularão fàcilmente as imensas dificuldades que nos acarretou o estudo deste centro.

Poderíamos, para maior comodidade, ter recorrido a técnicos estrangeiros experimentados na matéria, mas preferiu-se confiar o trabalho a técnicos portugueses com o intuito de os levar a viver a realização e a adquirir, através dela, o conhecimento de pormenores tecnológicos que naquela primeira hipótese de certeza lhes escapariam.

Agrada-me muito poder hoje afirmar que esta orientação resultou inteiramente, pois o trabalho realizado pela equipe constituída pelos Drs. Cacho e Galvão e pelos Engenheiros Cabrita e Videira,

tem merecido as mais lisongeiras referências aos fornecedores do equipamento a instalar. E espero poder, mais tarde, estender esta elogiosa apreciação a outros técnicos portugueses que connosco trabalham no presente momento.

Penso que dentro de 4 ou 5 meses valerá bem a pena organizar uma visita dos estudantes deste Instituto às obras e instalações em curso — que compreenderão, devo acentuá-lo, curiosos tipos de estrutura, de redes de água e esgoto e de instalações de desmineralização, com interesse para todas as especialidades da Engenharia.

Quando o Laboratório de Física e Engenharia Nucleares estiver pronto, é nossa intenção pô-lo ao serviço da Universidade e da Indústria e tudo faremos por prestigiar o estabelecimento, através de resultados científicos e práticos que justifiquem a sua existência, e assim podermos merecer o continuado apoio das Finanças e dos grandes industriais, como já sucede em relação a alguns centros de investigação nacionais.

De resto, mantemos de há muito íntimo contacto com essa grande indústria que tem manifestado um animador interesse em nos acompanhar no estudo dos problemas da energia nuclear, e a cuja colaboração a própria Junta tem, por sua vez, recorrido para o desbravamento do caminho que lhe compete percorrer.

* * *

— Em paralelo com este esforço de preparação de pessoal e de criação de meios para o progressivo desenvolvimento da sua especialização, lançou a Junta um largo plano de prospecção de urânio do continente, e aí — mercê, também, da muita dedicação e competência dos técnicos que pudemos recrutar, destacadamente do Director-Geral dos Serviços respectivos, Engenheiro Rogério Cavaca, e dos seus adjuntos, Engenheiros Pires Lobato e Lucas Amaro — neste sector, da prospecção, dizia eu, já estamos a trabalhar com eficiência e boa técnica.

Trata-se dum trabalho árduo e duro, ao contrário do que muitos pensam por em geral se julgar que para descobrir urânio basta passear pelos campos com um contador Geiger na mão.

É certo ser esse instrumento precioso para a prospecção de minérios radioactivos mas, como é fácil de compreender, ele só permite detectar a sua existência nas camadas superficiais do terreno. Para se avaliar do interesse real, isto é em profundidade, de uma área em que se tenha registado radioactividade superior ao «fundo» — ou seja à radioactividade ambiente — é preciso proceder à abertura de sanjas — valas de 2 ou 3 metros de profundidade — e à realização de sondagens, para medição da radioactividade a diferentes níveis, e, seguidamente, a trabalhos mineiros que permitam definir volumes de minério e seu teor em urânio.

O esquema geral do trabalho que temos realizado foi o seguinte:

— Em primeiro lugar, sobre-vôo da àrea das Beiras por avião munido de cintilómetro — um contador de grande sensibilidade —, com o intuito de seleccionar áreas de interesse.

Esta técnica não se revelou eficiente em virtude da natureza muito acidentada da região — que torna impossível a manutenção de alturas certas de vôo —, e ainda das características especiais — do tipo filoniano — dos jazigos uraníferos metropolitanos;

— Simultâneamente com a cintilometria aérea acabada de referir, foi iniciado o percurso de estradas e caminhos por viaturas automóveis, do tipo «Jeep», munida também de cintilómetros que acusam automàticamente qualquer anomalia existente nas vizinhanças dos itinerários percorridos.

Trata-se de processo extremamente útil ainda dentro do objectivo do reconhecimento geral de largas áreas e, como se deduz do mapa da sua utilização nos últimos anos, — anexo com o n.º I — com ele iremos, pouco a pouco, cobrindo toda a superfície do continente.

— Seguiu-se a chamada «prospecção geral» que consiste na cobertura em malha larga do terreno, a pé, com contadores — ver mapa anexo n.º II;

— E, depois, em «prospecção sistemàtica» — conjunto da «prospecção regional» e da «prospecção local» — nova cobertura, em malha sucessivamente mais apertada — chegando à de 1 m de lado —, também a pé, das zonas definidas pela «prospecção geral» como merecedoras de estudo de pormenor;

— Finalmente, abertura das sanjas e realização das sondagens e dos trabalhos mineiros a que atrás fiz referência.»

Trata-se, como vêm, na verdade de trabalho árduo e duro, e para melhor salientar as dificuldades que tivemos de vencer, acrescentarei que foi preciso começar pelo estudo da geologia das áreas que nos interessava prospectar, pois infelizmente não dispunhamos de cartas geológicas bastante pormenorizadas para nos servirem com segurança — mapa anexo n.º III.

Na realização destas cartas, foi utilizada pela primeira vez entre nós a técnica de *fotogeologia*, que se revelou de grande interesse, designadamente para os trabalhos em largas áreas, como será o caso do Ultramar. Contratámos, para tal, um especialista suiço que permaneceu em Portugal durante e, enquanto procedia a estudos efectivos, foi instruindo dois geólogos portugueses que hoje se dois anos e meio encontram aptos a assegurar a continuidade deste serviço.

Os seguintes números darão bem idéiado caminho andado:

Áreas cobertas

Cintilometria aérea	4184 km. q.
Cintilometria sobre viatura	37 231 km. q. 104 340 kms. percorridos.
Cartografia geológica	6093 km. q.
Prospecção geral	6216 »
Prospecção sistemática	977 »
Sanjas	191 planos
Sondagens	15 885 metros

Trabalhos mineiros em 5 jazigos com um total de 1037 m. de poços, chamines, travessas e galerias.

— É que é fundamental para nós o conhecimento, tão exacto quanto possível, das nossas reservas de urânio com vista ao futuro recurso, a que atrás aludi, à fonte nuclear para fazer face ao incremento normal do nosso consumo de energia eléctrica, uma vez esgotados os recursos hidráulicos de que dispomos. Daí o grande esforço desenvolvido neste campo da prospecção, esforço que, aliás, se prolongará pelos próximos anos, pois a experiência tem-nos mostrado não ser só nas zonas graníticas, como a princípio se supunha, que vale a pena procurar urânio: ele aparece em todos os terrenos, inclusivé nos xistos que abundam no nosso país. Teremos pois de o percorrer em toda a sua extensão, cabendo-nos ainda prospectar as nossas províncias ultramarinas — onde haverá trabalho para muito tempo e colocação para muitas dezenas de engenheiros de minas e geólogos, que oxalá as nossas escolas superiores produzam, durante os próximos anos, em número avultado.

No que se refere às reservas de urânio das áreas que vimos prospectando segundo a técnica acabada de resumir, não é ainda possível alinhar números merecedores de confiança. Afigura-se-nos, todavia, que, embora em quantidade inferior a previsões exageradamente optimistas formuladas por alguns técnicos antes do início da nossa campanha de prospecção, devemos dispor de existências que justifiquem a montagam de uma fábrica de produção de urânio metálico com a capacidade de 100 a 150 toneladas anuais, localizada na região das Beiras. Assim, por proposta da Junta de Energia Nuclear, está incluída no projecto do próximo Plano de Fomento — cuja execução, como sabem, terá início em 1959 — a construção duma unidade daquela natureza, de custo avaliado em cerca de 250.000 contos.

* * *

— Aqui têm, meus senhores, num brevíssimo apontamento, a posição actual do problema da energia nuclear no nosso país. Haveria, evidentemente, muito mais a dizer sobre ele, mas pareceu-me só vos interessar o conhecimento das suas linhas gerais. Por outro lado, o programa de hoje com-

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal

Guindastes portuários Diesel de 3 Ton. a 14 m, destinados à ponte cais de Nóqui em Angola.

Aspecto de uma das Unidades construídas, em exposição no Stand MAGUE na F. I. P. de 1957.

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES

GUINDASTES

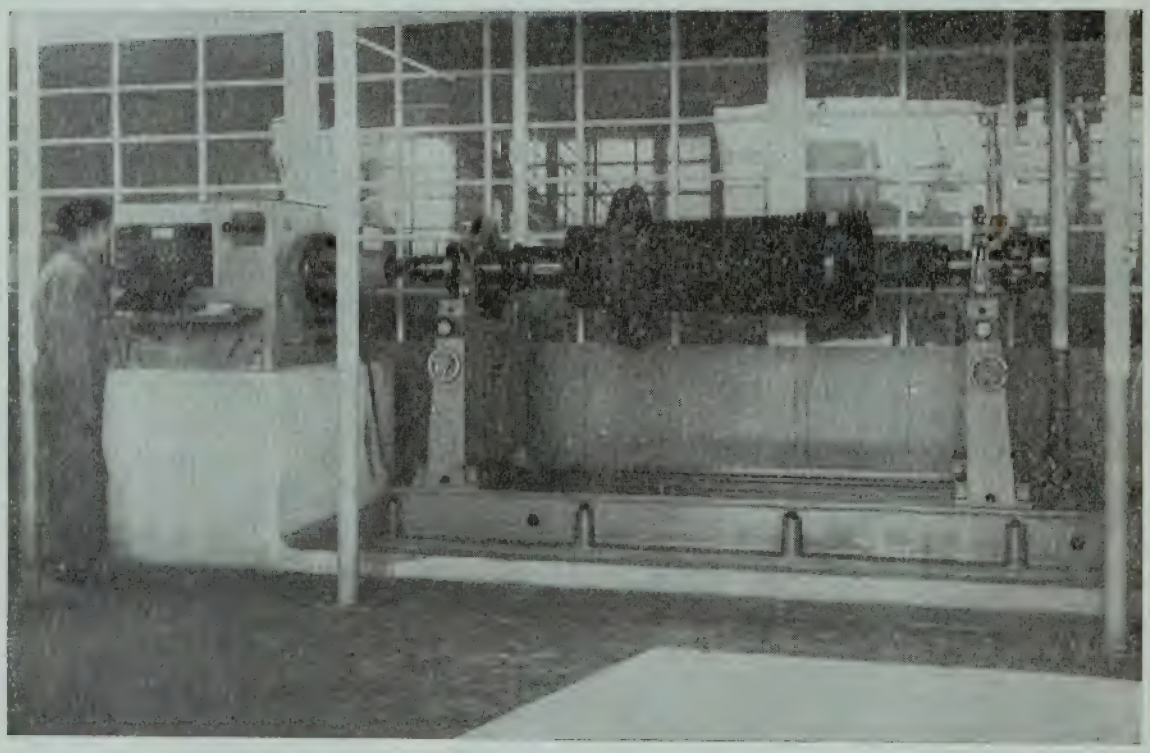
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS

CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

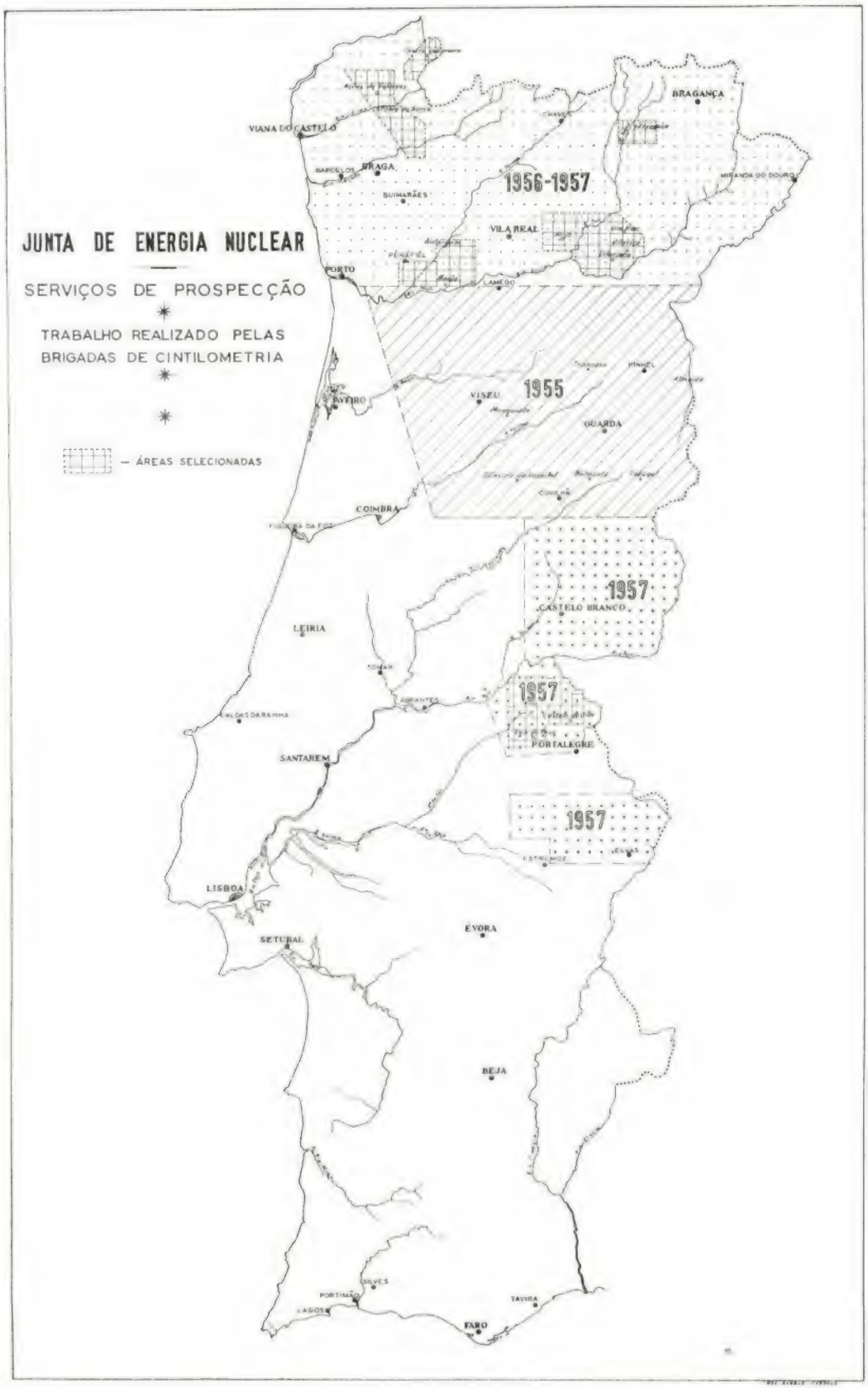
LISBOA

Telef. 66 21 48

preende, como já lembrei, a apresentação do filme da inauguração da central britânica de Calder Hall e desta feita se eu me alongasse na palestra que me pediram tornar-se-ia a sessão demasiado extensa.

Vou pois terminar, mas antes quero manifestar a esperança de que depois daquilo que ouviram nesta série de palestras, tão oportunamente promovida pela direcção da «Técnica», fique no vosso espírito uma idéia bem clara da importância da energia nuclear para o futuro do nosso país e do largo campo de trabalho que esse grande sector da ciência abre aos técnicos portugueses. Pois se assim for teremos influído para levar alguns, pelo menos, dos futuros engenheiros que nos escutaram a encarar uma especialização naquele sector e daí só poderão resultar vantagens, a breve trecho, para a Junta de Energia Nucler, e, a mais longo prazo, para o futuro da economia nacional.

MAPA N.º I

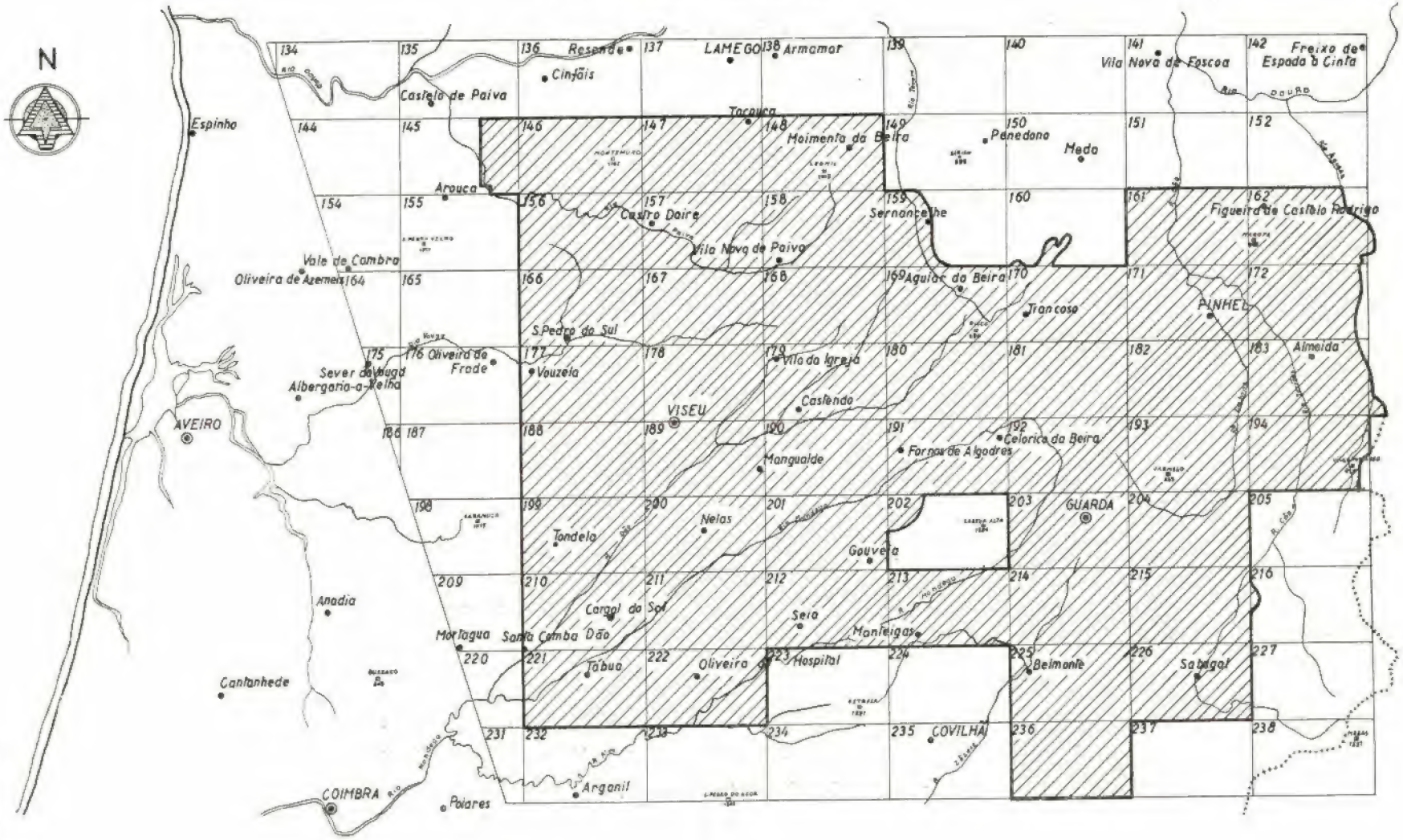

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR
SERVIÇOS DE PROSPECÇÃO
TRABALHO REALIZADO PELAS BRIGADAS DE CINTILOMETRIA
— ÁREAS SELECIONADAS
1956-1957
1955
1957
1957
1957
VIANA DO CASTELO
BARCELOS
BRAGA
GUIMARÃES
BRAGANÇA
MIRANDA DO DOURO
VILA REAL
PORTO
LAMEGO
AVEIRO
VISEU
PINHEL
GUARDA
COVILHÃ
COIMBRA
FIGUEIRA DA FOZ
LEIRIA
CASTELO BRANCO
TOMAR
ABRANTES
CALDAS DA RAINHA
SANTAREM
PORTALEGRE
ESTREMOZ
ELVAS
LISBOA
SETUBAL
EVORA
BEJA
SILVES
PORTIMÃO
LAGOS
TAVIRA
FARO

MAPA N.º II

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

ESTADO ACTUAL DOS TRABALHOS DE PROSPECÇÃO GERAL

31 DE DEZEMBRO DE 1957

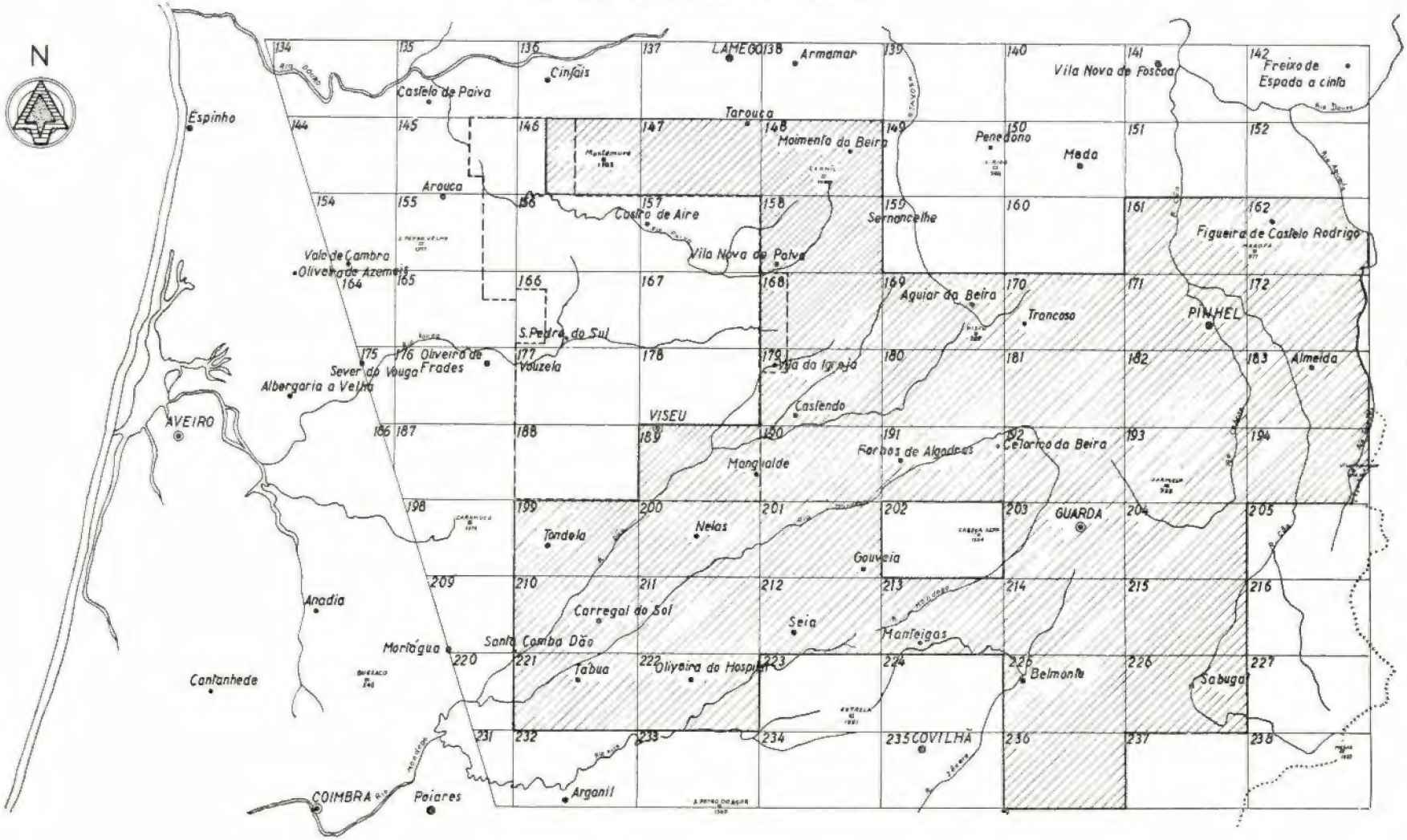


MAPA N.º III

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

ESTADO ACTUAL DOS TRABALHOS DE GEOLOGIA

31 DE DEZEMBRO DE 1957



C. D. U. 546.72:546.821.002 2

FERRO-TITÂNIO

PELO ENG.º QUÍM.-IND. MANUEL CHAGAS ROQUETTE

Diplomado (I. S. T.)

1 — Minérios de titânio

Os principais minérios de titânio são:

Rutilo, constituído principalmente por TiO_2

Ilmenite, de composição básica $OFe\,TiO_2 + O_3\,Fe_2$

As matérias-primas contendo bióxido de titânio, em teor apreciável, abundam em quase todas as regiões. E assim são frequentes as ilmenites (teores de TiO_2 de 40 a 60%) e, embora mais raros, também aparecem, em vários pontos do globo, jazigos e bolsadas de rutilo (com mais de 90% de TiO_2). Em Portugal, actualmente, a maior fonte de ilmenite é constituída pelos resíduos das separadoras magnéticas.

2 — Produtos titaniferos

Os principais produtos titaníferos, de que a indústria dispõe hoje, são:

a) bióxido de titânio;

b) ferro-titânico;

c) e, ùltimamente, o próprio titânio metal.

O bióxido de titânio (por vezes comercialmente designado por branco de titânio), de fórmula TiO_2, é produzido por via química ou electrometalúrgica a partir dos minérios (sobretudo ilmenites). O seu principal campo de aplicação encontra-se como carga e pigmento (indústrias de tintas e vernizes). O consumo mundial deve ultrapassar 500.000 toneladas/ano. Em Portugal o mercado é ainda muito reduzido para este pigmento. A única instalação portuguesa e de pequena capacidade que produzia bióxido de titânio (por via química — processo do ácido sulfúrico) tem a sua laboração presentemente parada.

Os ferros-titânios fabricam-se, por via metatúrgica, a partir de minérios (ilmenites e rutilos) e servem sobretudo como adições para aços especiais e elementos de desoxidação. A produção mundial deve atingir 20.000 toneladas.

Finalmente, o titânio metal é hoje já obtido na escala de dezenas de milhares de toneladas anuais. Ainda que seja metal caro, as suas extraordinárias propriedades mecânicas e de resistência à corrosão garantem-lhe largo futuro. As técnicas até agora conhecidas para sua obtenção (das quais o metodo Kroll é a mais generalizada) são ainda bastante delicadas e conduzem a investimentos e preços de custo avultados. Só países altamente industrializados (Estados Unidos, Alemanha, França e Japão) fabricam o titânio metal.

O ferro-titânio tem hoje aplicação importante na metalurgia do aço, nos Estados Unidos, Alemanha e França. Basta ter em conta a extraordinária facilidade com que o titânio se combina com os gases (oxigénio e azoto) para compreender o seu papel vantajoso como desoxidante e elemento de afinação.

3 — Fabricação em forno eléctrico

As virtudes do ferro titânio e o interesse em ganhar técnica de leitos de fusão, com escórias titaníferas e de comportamento de ligas à base titânio, conduziram à programação de ensaios no nosso País com objectivo de produzir aquela ferro-liga.

Utilizando uma instalação piloto existente em Canas de Senhorim (CPFE), conseguiu-se produzir, após numerosos ensaios, ferro-titânio, com as características «Standard» internacionais:

Titânio (Ti)	20-25%
Carbono (C)	5- 8%
Silício (Si)	2% máximo

Escolheu-se este tipo por ser o mais empregado. De facto, segundo Volkert também aconselha, as ligas de alto teor de titânio, devido ao seu elevado ponto de fusão e baixa densidade, podem causar graves dificuldades ao tentar-se a incorporação em banhos de aço.

Na obtenção desta ferro-liga utilizou-se ilmenite nacional, com a seguinte composição:

Bióxido de titânio (TiO_2) . .	52,24 %
Ferro (Fe)	33,63 %
Sílica (SiO_2)	0,5 %

A carga que melhores resultados deu tinha a composição:

Ilmenite	100 partes
Carvão vegetal	80 »
Cal	100 »
Ferro	50 »

As sangrias (vasamento do metal produzido no forno eléctrico) foram difíceis. Nas primeiras tentativas obteve-se ferro já com certa incorporação de titânio:

Titânio (Ti) . . . . . 2,5 a 3 %

O forno eléctrico funcionou, por vezes, com dificuldade e até impossibilidade de sangrar, comportando-se como unidade bloco e retendo no seu interior um ferro titânio geralmente mais rico do que se pretendia. A título de exemplo, damos a composição dum desses blocos:

Titânio (Ti)	39,60 %
Carbono (C)	4,39 %

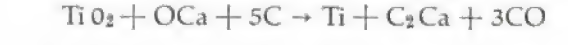
Depois de várias tentativas, estabeleceu-se como técnica mais adequada de laboração a seguinte:

a) Concentração elevada de temperaturas do forno de arco, efectuando a descida do eléctrodo por emprego de carvão vegetal em vez de coque, e diminuição das dimensões do cadinho de fusão.

b) Redução à custa de carvão vegetal (elevada reactividade) e de escória rica em carboneto de cálcio, formado durante o processo.

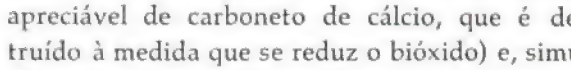
c) Adição de cal, permitindo ainda reduzir de forma apreciável as perdas do elemento titânio, melhorando assim o rendimento de transformação.

O esquema de reacção fundamental foi interpretado pelo italiano Rossi do seguinte modo:



$$Ti\,O_2 + OCa + 5C \rightarrow Ti + C_2Ca + 3CO$$

Parece-nos de admitir, de acordo com as experiências (durante o processo electrotérmico, seguindo a técnica utilizada, forma-se quantidade apreciável de carboneto de cálcio, que é destruído à medida que se reduz o bióxido) e, simultâneamente, outro sistema hipotético de reacção:



$$2\,C_2Ca + 3\,Ti\,O_2 \rightarrow 3\,Ti + 2\,OCa + 4\,CO$$

Várias circunstâncias dominam a electrometalurgia do ferro-titânio:

a) A dificuldade de redução do $Ti\,O_2$, que é composto químico muitíssimo estável:

$$Fe + 3/2\ O \rightarrow 1/2\ O_3Fe_2 + 97{,}6\ Cal$$

$$Mn + O_2 \rightarrow O_2Mn + 123\ Cal$$

$$Si + O_2 \rightarrow SiO_2 + 205\ Cal$$

$$Ti + O_2 \rightarrow TiO_2 + 220\ Cal$$

b) Facilidade de combinação do titânio com os gases comuns (nos processos de fusão do titânio metal utiliza-se, regra geral, um gás nobre-argon).

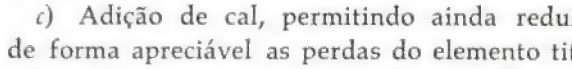
c) A tendência do bióxido de titânio fugir para as escórias sem sofrer redução.

d) O elevado ponto de fusão.

e) Viscosidade da ferro-liga, o que conduz a inclusões frequentes de metal esponjoso na escória.

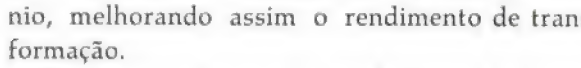
4 — Fabricação por aluminotermia

Quando se pretende evitar a incorporação de carbono no aço, deve utilizar-se um ferro-titânio de baixo carbono. Uma ferro-liga com aquelas características obtém-se, normalmente, por aluminotermia. Neste processo, em vez de carbono (que actua como redutor) e da energia eléctrica, emprega-se alumínio, que funciona simultâneamente como redutor e fonte de energia. As reacções fundamentais de redução dos minérios titaníferos que contêm ferro são:



$$3TiO_2 + 4Al \rightarrow 3Ti + 2Al_2O_3$$

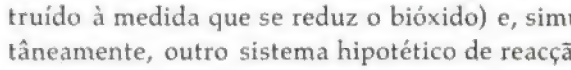
$$3OFe + 2Al \rightarrow 3Fe + Al_2O_3$$



$$O_3Fe_2 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$$

A redução do bióxido de titânio, composto muito estável, é difícil, além de que o calor libertado pelo processo exotérmico de redução não é, em geral, suficiente para se atingir a temperatura exigida pela marcha do forno de aluminotermia. E assim, forma-se quase sempre óxido de titânio, composto intermédio, de cor amarelo dourado:

$$3TiO_2 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 3TiO$$



$$3TiO + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 3Ti$$

O óxido de titânio aparece correntemente no produto final do processo. A fim de atingir tem-

peratura suficiente, é necessário empregar misturas de minérios com teor apreciável de ferro (a redução do ferro é de longe mais exotérmica do que a do titânio) e ainda prèaquecer a carga. A fabricação aluminotérmica do ferro-titânio impõe os seguintes condicionamentos técnicos e económicos:

a) Tratamento prévio do minério com o objectivo de o enriquecer e de reduzir o teor dos constituintes nocivos;

b) Recuperação do titânio retido nas escórias.

Estes objectivos podem alcançar-se quando junto à instalação de aluminotermia existem fornos eléctricos de redução, onde aqueles processos se realizam vantajosamente. E assim, na metalurgia do ferro-titânio de baixo carbono, como aliás em muitos outros processos de fabricação de ferro-ligas especiais, os dois sistemas de produção (forno eléctrico e forno aluminotérmico) completam-se.

Eis uma análise típica de ferro-titânio, obtido por via aluminotérmica:

Ti	19,3 %
Al	3,48 %
Si	3,24 %
C	0,04 %

Encontra-se prevista para 1958, na nova instalação de aluminotermia de Canas de Senhorim, a fabricação de ferro-titânio de baixo carbono a partir também de ilmenites nacionais.

5 — Aplicações do ferro-titânio

Referimo-nos já à propriedade do titânio se combinar fàcilmente com os gases (oxigénio, azoto) o que justifica o seu emprego como desoxidante e afinante.

O titânio aumenta a densidade e melhora as características mecânicas dos aços, contrariando a acção nociva do enxofre e do fósforo.

Segundo Volkert, usa-se também na Alemanha o ferro-titânio na fundição de gusa cinzenta para conseguir na moldação superfície muito densa, devido à afinação da estrutura grafítica.

Emprega-se ainda nas cargas para soldadura de aço por aluminotermia.

BIBLIOGRAFIA

DURER e VOLKERT, Die Metallurgie der Ferrolegierungen — Ed. Springer, Berlin, 1953.

DÉRIBÉRÉ, Le titane et ses composés dans l'industrie — Ed. Dunod, Paris, 1954.

COUTAGNE, La fabrication des ferro-alliages — Ed. Baillière, Paris, 1924.

ELJUTIN, PAWLOW, LEVIN, Ferrolegierungen — VEB Verlag Technik, Berlin, 1953.

GFE, Einfluss und Praktische Anwedung der Legeriungselemente bei Stahl und Gusseisen — Ed. GFE, Düsseldorf.

GIESEN e DAUTZENBERG, Aluminotherm Gewinnung von Ferrotitan – Z. Stahl und Eisen, H. 9/10, S 159-162, 1948.

MAINARDIS, I Forni Elettrici — Ed. Hoepli, Milano, 1954.

OECE, Titane et Zirconium — Ed. OECE, Paris, 1956.

RICHARDS, Extractive Metallurgy in Australia-Ferrous Metallurgy — Ed. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 1953.

ROQUETTE, Metalurgia do Ferro-Titânio — Comunicação 26 do II Congresso da Indústria Portuguesa, Lisboa, 1957.

ZULIANI, Carbure de Calcium, Ferro-Alliages et Chlore — Ed. Publications Minières et Métallurgiques, Paris, 1953.

ZULIANI, Elettrosiderurgia — Ed. Hoepli, Milano, 1955.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91.6 % dos totais do País.*

DEZEMBRO

I — Breve nota mensal

Sobre o aspecto hidrológico o regime continua a ser muito seco.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1956	1957	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	158,3	112,9	— 29
Produção térmica (P_t)	19,2	60,9	–
Produção total (P_T)	177,5	173,8	— 2
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	20,5	1,2	— 94
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	146,4	163,3	+ 12
Consumo total (C_T) . . . . (1)	166,9	164,5	— 1

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1957

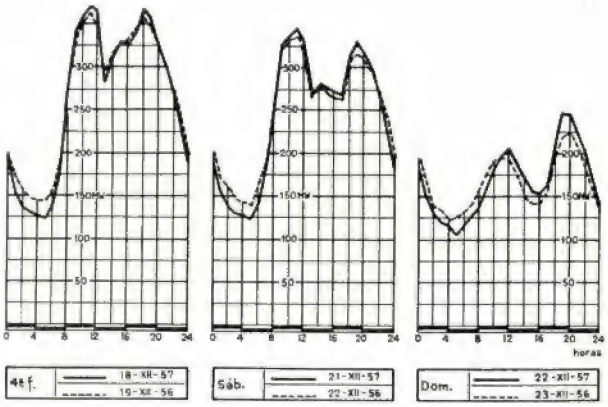
	1956	1957	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1960,2	1783,3	— 9
Produção térmica (P_t)	24,1	212,3	–
Produção total (P_T)	1984,3	1995,6	+ 1
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	450,5	274,2	— 39
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	1455,6	1618,8	+ 11
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	1906,1	1893,0	— 1

Nota:

(1) Vidé nota referente ao mês de Janeiro de 1957.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 19-12-956	4.ª feira: 18-12-957
Produção hidráulica (P_h) — MWh	5121	3968
Produção térmica (P_t) — MWh . .	1374	2404
Produção total (P_T) — MWh . . .	6495	6373
Utilização da ponta (U) — horas	17,8	16,8
Factor de carga (α)	0,74	0,70
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,38	0,32



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

Albufeira	Energia armazenada GWh	Energia armazenada % (1)
Paradela	24,8	11,1
Venda Nova	17,4	13,6
Salamonde	6,5	23,6
Caniçada	10,8	32,7
Guilhofrei	0,5	6,5
Lagoa Comprida	3,0	10,1
Santa Luzia	12,8	20,7
Cabril	12,2	3,6
Castelo do Bode	57,1	35,0
Pracana	3,9	30,5
Póvoa	4,3 (2)	24,3
Total	153,6	15,7

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido pela relação

$$\frac{\text{Energia armazenada}}{\text{Máx. energia armazenável}} \times 100\ \%$$

(2) Inclui 1,6 GWh armazenados no açude do Poio.

POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO BLINDADOS

PARA INTERIOR E EXTERIOR

Posto de transformação de 250 KVA, 6,6 KV, para interior, fornecido para os Serviços Autónomos de Luz e Água de Luanda (LAL)

CONSTRUÍDOS POR:

JAYME DA COSTA, LDA

LISBOA — PORTO — LUANDA

Fornece para todos os mercados mundiais:

Máquinas e instalações mineiras
Máquinas e instalações de sondagens
Máquinas de fundição
Instalações de transporte e transbordo
Equipamento de soldagem
Máquinas e instalações siderúrgicas, metalúrgicas, etc.

Recomendamos especialmente as nossas máquinas de extracção de carvão, escavadoras — carregadoras combinadas, escavadoras, transportadores, martelos perfuradores e brocas, martelos pneumáticos, carregadores, ventiladores, instalações de sondagem por batedura ou rotação, bem como ferramentas para sondagens, trépanos, coroas de extracção de terra, etc.

As nossas misturadoras para a preparação de areia de moldagem, os moinhos de bolas para areia e as máquinas pneumáticas para moldar à pressão são de construção simples e fáceis de manejar.

Recomendamos ainda as nossas gruas automotoras e em camiões, pontes rolantes e de transbordo, talhas, geradoras de acetilene a alta pressão, distensores com manómetros, maçaricos-soldadores-talhadores, assim como as nossas instalações e equipamento para altos fornos, fábricas de aço, fundições, divisões de aglomeração, laminadores, etc., construções em ferro e reservatórios de petróleo muito conhecidos pelas suas excelentes qualidades.

A Centrozap empreende ainda todos os géneros de trabalhos de sondagem, extracção de massas de terra e exploração petrolífera ou mineral e construção de poços de água.

C. D. U. 627.24 — 157

Experiência referente a fundações para estruturas marítimas em Moçambique[1]

POR MANUEL PIMENTEL PEREIRA DOS SANTOS

Director dos Serviços de Obras Públicas e Transportes
e Engenheiro-Chefe do Laboratório de Ensaios
de Materiais e Mecânica do Solo de Moçambique

E NELSON AUGUSTO GOMES

Engenheiro-Chefe da Brigada Técnica de Estudos,
Construção e Fiscalização de Obras Marítimas
(Zona Sul) de Moçambique

SUMÁRIO

Na presente comunicação são examinados os dados colhidos durante o estudo e execução de obras portuárias em Moçambique. Os resultados dos ensaios de carga de estacas cravadas em solos de tipo diverso, feitos de forma sistemática, parecem condizer bastante satisfatòriamente com os valores da capacidade de carga calculados pela teoria de Meyerhof. O mesmo não acontece quanto ao emprego da fórmula de Hiley.

SUMMARY

Data collected during the study and execution of harbour projects in Mozambique are examined in this paper. The results of loading tests on piles driven into soils of several types, carried out in a systematic manner, seem to tally quite satisfactorily with the ultimate bearing capacity values as calculated by the Meyerhof theory. The same cannot be said as regards the use of the Hiley formula.

SOMMAIRE

Pendant l'étude et l'execution de travaux maritimes au Mozambique, un certain nombre d'essais de charge de pieux ont été éfectues. Dans cette comunication, les auteurs presentent les resultats atteints et font leur compairaison avec les valeurs obtenus par l'emploi de la formule de Hiley et la théorie de Meyerhof. Il semble qu'il existe remarquable concordance entre les valeurs déduits de cette derniére théorie et les éssais de charge de pieux poussés jusqu'à la rupture.

Introdução

A partir de 1949, vem-se registando em Moçambique um notável esforço no estudo e construção de obras marítimas.

Em 1948, constituiu-se para tal fim a «Missão de Estudos e Construção de Portos», dependente da «Direcção dos Serviços de Portos, Caminhos de Ferro e Transportes» e posteriormente designada por «Brigada Técnica de Estudos, Construção e Fiscalização de Obras Marítimas», que tem obtido, especialmente a partir de 1953, a estreita cooperação do «Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo de Moçambique» para o estudo dos solos de fundação das obras executadas e a executar em futuro próximo.

(1) — A presente comunicação foi apresentada ao IV Congresso Internacional de Mecânica do Solo e Engenharia das Fundações realizado em Londres em Agosto de 1957. Encontra-se publicada, em língua inglesa, no Vol. II das respectivas actas. Foi discutida pelo Prof. G. G. Meyerhof, da Universidade de Nova Escóssia, Canadá, e pelo Engenheiro F. R. Bullen, da firma inglesa de Engenheiros Consultores F. R. Bullen and Partners.

Durante os trabalhos, efectuam-se sistemàticamente ensaios de carga que, em última análise, definem as condições finais de execução, como complemento do estudo prévio de fundações apoiado em ensaios laboratoriais.

A presente comunicação sintetiza informações colhidas durante a execução de obras ou de estudos, e analisa a concordância dos resultados obtidos nesses ensaios de carga com os métodos teóricos de predição de capacidade de carga de estacas cravadas nos diversos tipos de solos.

Dados de ensaio apresentados

Para cada caso são apresentados os seguintes dados, sempre que conhecidos:

(1) — *Propriedades do solo.* Perfil do solo em sondagens. Identificação e classificação dos solos do perfil. Dados sobre resistência ao corte (ensaio de corte por translacção, e ensaio «vane», quando existente).

(2) — *Tipo de estaca.* Dimensões, forma, comprimento e peso. Nível do pé.

(3) — *Registo de cravação.* Diagrama da penetração por cada 10 pancadas do martelo. Peso do martelo. Nega final em cm por pancada. Compressão temporária medida.

(4) — *Ensaio de carga.* Diagrama carga-assentamento (total e permanente). Avaliação da carga de rotura.

(5) — *Capacidade de carga calculada.* Fórmula de Hiley, cálculo por método estático (*Meyerhof*, 1951, 1954, *Skempton, Yassin* e *Gibson*, 1953), código de construção de Boston (*Chelis*, 1951), New York State Department of Public Works (*Chelis*, 1951) R. E. E. F. (*Chapon* e *Buisson*, 1953).

Quando o ensaio de carga não atingiu a rotura, dá-se o máximo valor da carga atingida. Quando atingiu a rotura, a capacidade de carga à rotura foi obtida tendo em especial consideração e critério de *Magnel* (1948), mas tendo também em conta outros critério dentre os mais usados.

Como fórmula de cravação foi usada a de Hiley

$$R = \frac{W\,h\,\eta}{S + C/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

em que as letras têm o significado conhecido (*Civil Engineering Code of Practice n.º 4* — 1954).

Para cálculo estático da capacidade de carga à rotura, usamos a teoria de *Meyerhof* (1951) (1952), com

$$Q_t = Q_p + Q_f = q_f\,A + S_o\,F \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

em que

q_f = capacidade de carga à rotura da ponta da estaca
A = área da secção recta da estaca
S_o = atrito unitário superficial
F = área lateral da estaca

$$q_f = c\,N_c + p_c\,N_q + \frac{\gamma D}{2}\,N_\gamma + p - p_o \quad (3)$$

com os símbolos habituais.

Para argilas:

$$q_f = c\,N_c + p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$S_o = C_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

em que

C_a é a adesão unitária

Para areias:

$$q_f = p_o\,N_q + h\,\gamma_w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

em que

h = altura de água
γ_w = densidade da água

$$S_o = \frac{\overline{K}_s\,\gamma\,D}{2}\,\mathrm{tg}\,\delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

em que

$\overline{K}_s$ = coeficiente médio de impulso do solo na estaca
δ = ângulo de atrito solo-estaca.

A Fig. 1 representa os símbolos utilizados para representar os diferentes tipos de solos em sondagens.

Porto de Quelimane

Nas Figs. 2 e 3 dão-se as indicações colhidas na Ponte-Cais de Quelimane. A Tabela I reune os dados de cravação e a Tabela II os valores das capacidades de carga calculadas e resultantes dos ensaios.

As sondagens acusaram uma camada superior de siltes, seguida por areias limosas assentando

TABELA I

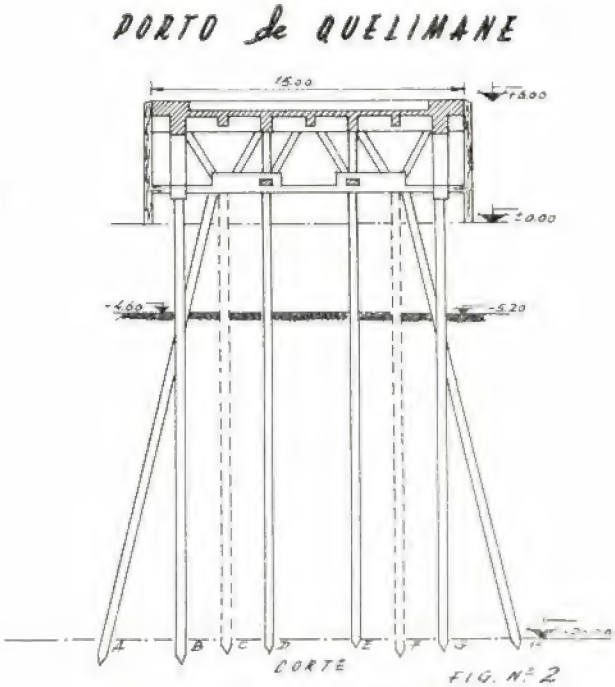
Dados de Cravação — Pontes-Cais de Quelimane

Estaca N.º	Tipo de estaca	Secção recta	Comprimento total	Cota do solo	Cota da ponteira da estaca	Nível mínimo de água	Peso da estaca e capacete	Peso do martelo	Compressão temporária	Altura de queda livre	Nega final	Carga de serviço	Observações
		m	*m*	*m*	*m*	*m*	*Ton*	*Ton*	*cm*	*m*	*cm/pancada*	*Ton*	
101	P. N.	0.35×0.40	24	+ 4.10	— 20.35	0.00	8.6	5	1.10	0.76	0.7	42	
107	P. A.	0.56×0.65	24	+ 4.10	— 13.30	0.00	8.8	5	3.60	0.76	0.3	42	
639/40	P. N.	0.35×0.40	23	— 5.00	— 20.00	0.0	8.2	5	1.10	0.80	2.3	30	
647	P. A.	0.56×0.65	18	— 5.00	— 15.00	0.0	7.6	5	3.60	0.80	0.15	30	
727	P. A.	0.56×0.65	20	— 4.90	— 14.30	0.0	8.2	5	3.60	0.80	0.15	30	
815	P. N.	0.35×0.40	23	— 4.10	— 21.10	0.0	8.2	5	1.10	0.40	1.5	40	1.º ensaio de carga
833	P. A.	0.56×0.65	21	— 4.90	— 19.60	0.0	8.1	5	2.40	0.80	1.9	40	1.º ensaio de carga
	P. A.				— 21.80	0.0	8.1	5	3.60	0.80	0.8	40	2.º ensaio de carga
851	P. A.	0.56×0.65	21	— 4.80	— 21.80	0.0	8.1	5	3.60	0.80	0.85	40	2.º ensaio de carga
898	P. N.	0.35×0.40	23	— 3.70	— 20.10	0.0	8.2	5	1.10	0.40	1.00	40	
899	P. N.	0.35×0.40	23			0.0	8.2	5	1.10	0.40	1.00	40	

P. N. = Ponteira Normal

P. A. = Ponteira Alargada

Fig. 1 — Representação dos tipos de solos



Fig, 2 — Ponte-Cais de Quelimane

TABELA II

Comparação das cargas medidas e calculadas — Ponte-Cais de Quelimane

Estaca N.º	Carga de rotura dos ensaios Tons					Carga de rotura calculada Tons		Observações
	Tipo de estaca	Campo	Código de Boston	Nova York	R. E. E. F.	Fórmula de Hiley	Meyerhof	
101	Ponteira normal	100	–	–	–	125	–	–
107	Ponteira alargada	100	–	–	–	72	–	–
639/40	Ponteira normal	110	–	–	–	56	–	–
647	Ponteira alargada	55	66	60	67	88	56	$\phi = 17°$ c = 1,00 Kg/cm²
727	Ponteira alargada	50	–	–	–	88	55	$\phi = 17°$ c = 1,00 Kg/cm²
815	Ponteira normal	115	–	–	–	41	286	$\phi = 30$ (só resistência de ponta)
833	Ponteira alargada	50	66	62	56	54	46	c = 1,00 Kg/cm² 1.º ensaio
		80	–	–	–	65	284	c = 30° 2.º ensaio
851	Ponteira alargada	80	–	–	–	63	286	c = 30°
898	Ponteira normal	80	–	–	–	54	–	–
899	Ponteira normal	80	–	–	–	54	–	–

TABELA III

Dados de ensaios de solos — Porto da Beira

Sondagem N.º	S 1									S 3								S 5									
Cota da Amostra	A	B	C	D	E	F	G	H_1	H_2	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Análise mecânica:																											
Areia (2,4 a 0,076 mm) . . .	3	23	68	41	75	9	84	22	90	6	99	5	98	41	15	97	91	61	4	2	96	98	38	98	18	97	98
Silte (0,076 a 0,005 mm) . . .	25	24	10	22	7	25	16	14	10	39	1	38	2	9	30	3	9	17	22	30	4	2	19	2	22	3	2
Argila (< 0,005 mm)	72	53	22	37	18	66		64		55		57		50	55			22	74	68			43		60		
% de coloides (< 0,001 mm) .	57	42	18	31	13	58	—	59	—	41	—	45	—	49	43	—	—	17	63	64	—	—	34	—	42	—	—
Limite líquido	89	68	45	—	34	82	NP	75	NP	78	NP	74	NP	46	57	NP	NP	32	73	83	NP	NP	56	NP	65	NP	NP
Índice de plasticidade	56	37	27	—	15	55	NP	51	NP	46	NP	43	NP	27	35	NP	NP	12	41	51	NP	NP	31	NP	41	NP	NP
Densidade real	2.65	2.75	2.72	2.67	2.70	2.70	2.65	2.70	2.65	2.72	2.65	2.72	2 66	2.67	2.70	2.65	2.65	2.69	2.73	2.74	2.75	2.66	2.62	2.66	2.73	2 65	2.65
Densidade aparente	1.36	1.40	1.42	1.92	1.81	1.58	1.75	1.60	1.60	1.84	1.57	1.96	1.67	2.07	2.13	1.60	1.99	1.72	1.48	1.56	1.86	1.67	1.75	1.72	1.70	1.78	1.78
Grau de humidade natural .	126	115	113	21	41	61	—	39	—	105	—	87	—	44	50	—	—	32	99	110	—	—	57	—	59	—	—
Ensaio de corte por translacção:																											
Ângulo de atrito interno . .	4°	12°	26°	2°	25°	1°	30°	5°	—	2°	27°	1°	23°	16°	5°	32°	29°	30°	0°	3°	31°	24°	24°	27°	1°	26°	33°
Coesão aparente: Kg/cm² . .	0,15	0.07	0.29	0.33	0.29	0.24	0	0.26	—	0.05	0	0.08	0	0.08	0.21	0.	0	0	0 02	0 06	0.0	0	0.22	0	0.26	0	0
Ensaio «Vane»	S 1													S 3				S 5									
Cota do ensaio; . m	+ 1.65	− 0.10	− 1.15	− 2.15	− 3.05	− 5.00	− 6.25	− 8.70	− 11.15	− 12.65	− 13.85	− 14.85	− 20.35	− 4.75	− 5.75	− 6.75	− 10.25	− 10.90	− 11.80	− 12.70	+ 0.80	− 1.80		− 3.35	− 8.65	− 11.40	
Solo intacto (Kg/cm²)	0.40	0.11	0.15	0.38	0.32	0.36	0.51	0.72	1.42	0.19	0.38	2.00	1.61	0.38	0.56	0.56	2.32	2.32	1.94	1.74	0.38	0 12		0.39	0.90	1.64	
Solo remexido (Kg/cm²) . . .	0.04	0.09	0.04	0.09	0,06	0.08	0.32	0 36	0 48	0.19	0.19	1.35	0.32	0.10	0.13	0.15	0.77	0.77	0.58	0.77	0.02	0.05		0.20	0.19	0.52	
Sensibilidade	10.0	1.2	3.8	4.2	5.3	4.5	1.6	2.00	—	1.00	2.00	—	—	3.8	4.3	3 7	—	—	—	2.3	19.0	u2.4		2.0	—	3.2	

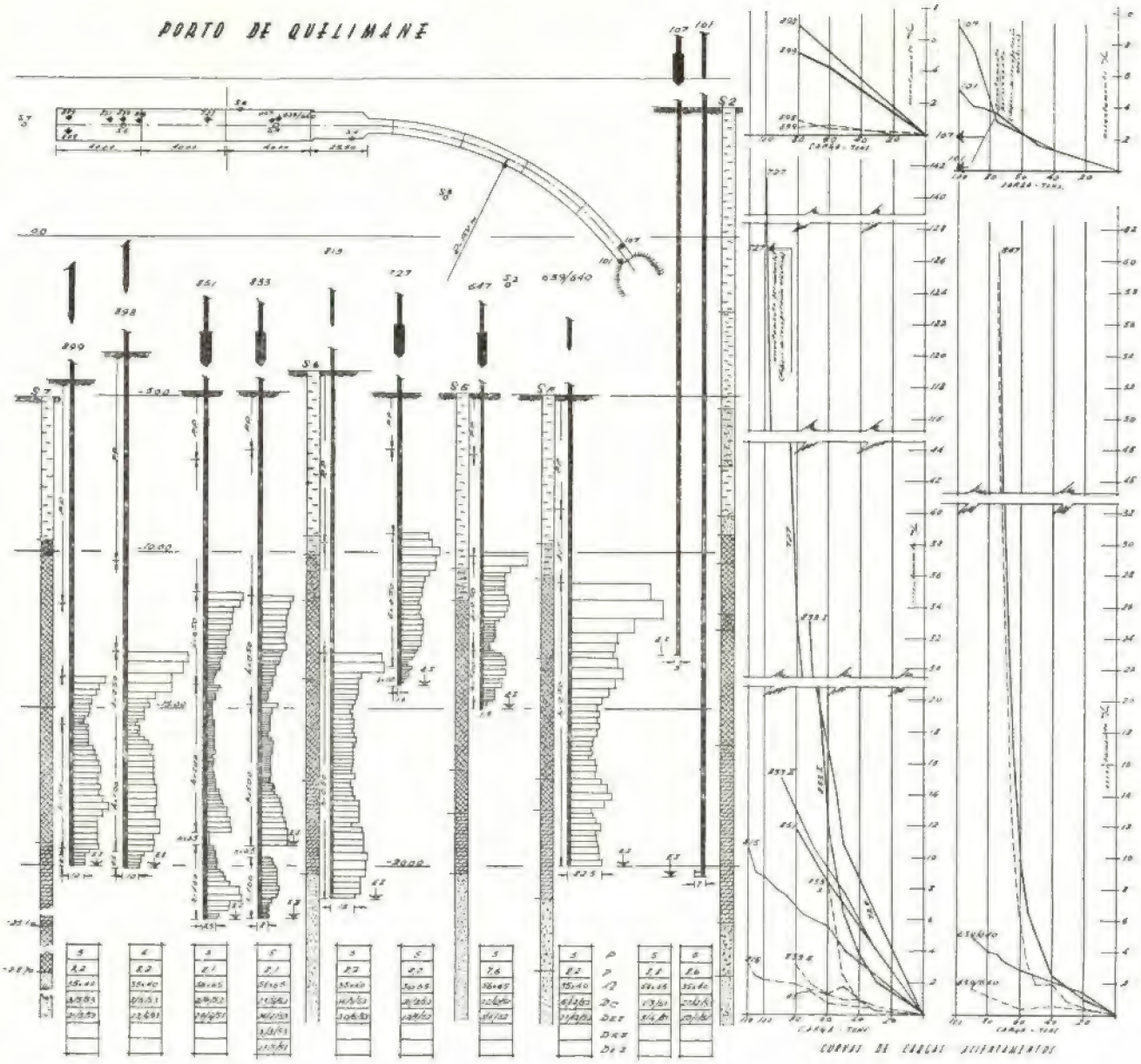


Fig. 3 — Cravação de estacas, ensaios de carga e sondagens — Ponte-Cais de Quelimane

em argilas, directamente ou com interposição de areia argilo-limosa. Seguem-se marnas, por vezes com interposição de argilas arenosas. As marnas assentam em areias.

As sondagens não foram acompanhadas de estudos sistemáticos dos solos no Laboratório; mas sabe-se que as características médias de resistência das argilas arenosas, bastante comuns em Moçambique, corresponde a $\phi = 17°$ e $c = 1{,}00$ Kg/cm², enquanto as das marnas andam por $\phi = 0°$, $c = 1{,}00$ Kg/cm².

No viaduto de acesso, foram ensaiadas as estacas 101 (ponta normal) e 107 (ponta alargada), tendo-se verificado um factor de segurança superior a 2,5 em relação à carga de serviço.

Com o fim de diminuir o comprimento das estacas, o empreiteiro propôs o emprego de estacas de ponta alargada.

Contudo, os ensaios de carga, revelaram que a rotura tinha lugar para valores muito inferiores aos resultantes da fórmula de Hiley (exemplo: estacas n.os 647, 727 e 833).

A solução de recravar estas estacas, de forma a obter mais resistência, teve sucesso em alguns

casos (exemplo: estacas n.os 833 e 851), mas para a generalidade não pode ser seguida, por ameaçar a destruição da estaca.

As estacas de ponteira alargada ficaram a trabalhar essencialmente de ponta, pelo profundo remeximento do solo durante a cravação, num tipo de solos em que a resistência de atrito teria muita importância.

Esta conclusão pode ser verificada comparando as resistências de ponta, calculadas segundo a teoria de *Meyerhof*, com as cargas de rotura de ensaio (estacas 647, 727 e 833, 1.º ensaio). O acordo dos resultados é muito satisfatório.

Como era de esperar, a fórmula de Hiley revelou-se insatisfatória como meio de avaliação da capacidade de carga.

Porto da Beira

A Fig. 4 representa esquemàticamente o alargamento dos Cais 4 e 5 no Porto da Beira. A Fig. 5 reune os elementos quanto a cravação de estacas, ensaios de carga e natureza dos solos.

A Tabela III fornece os dados resultantes dos ensaios dos solos; a Tabela IV os dados de cravação e a Tabela V os valores das capacidades

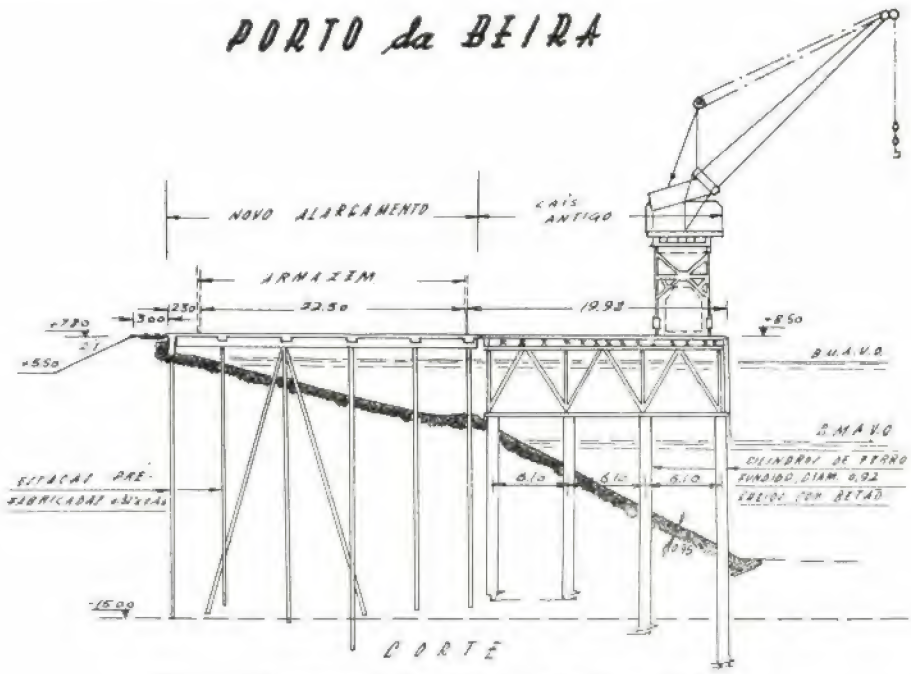


Fig. 4 — Alargamento dos Cais 4 e 5 do Porto da Beira

Por outro lado, quando as estacas de ponta alargada atingiram a areia, em que a resistência de ponta é predominante, os ensaios de carga foram favoráveis (estacas n.os 833, 2.º ensaio e 851), com confirmação pela teoria de *Meyerhof*.

É de interesse a comparação do comportamento das estacas 898 e 899 (ponta normal), com a 833 à data do 1.º ensaio (ponta alargada).

Estão ambas cravadas até à camada de marna; mas enquanto a última rompeu às 50 Ton., as duas primeiras foram ensaiadas, sem rotura, até 80 Ton.

Nas estacas recravadas, verifica-se ainda, de maneira geral, aumento tixotrópico da resistência depois do repouso.

de carga calculadas e resultantes dos ensaios.

Na Fig. 6 traçaram-se os valores de c resultantes do ensaio de caixa de corte, ensaio «vane» sobre solo intacto e ensaio «vane» sobre solo remexido.

Os resultados das sondagens e ensaios de solos mostram a predominância de argilas muito brandas, com elevado grau de humidade natural. Encontraram-se em muitas camadas, valores elevados da sensibilidade.

Embora em algumas sondagens apareçam intercaladas nas argilas camadas de areia, areia limosa ou areia argilo-limosa, as estacas trabalham principalmente por atrito. Surgiu assim a oportunidade de comparar os resultados dos

TABELA IV

Dados de Cravação — Porto da Beira

Estaca N.º	Secção recta *m*	Comprimento total *m*	Cota do solo *m*	Cota da ponteira da estaca *m*	Nível mínimo de água *m*	Peso da estaca e capacete *Ton*	Peso do martelo *Ton*	Compressão temporária *cm*	Altura de queda livre *m*	Nega final *cm pancada*	Carga de serviço *Ton*	Observações
D 4	0.35×0.40	20	+ 2.60	− 16.20	0.00	7.2	5	2.00	0 92	1.0	55	
B 14	0.35×0.40	22.5	+ 4.60	− 13 20	0.00	8.1	5	2.20	0 92	2.0	55	
F 69	0.35×0.40	22.5	+ 1.60	− 14.30	0.00	8.1	5	2.20	0.92	1.2	55	
B 113	0.35×0.40	21	+ 3.80	− 13.70	0.00	7.5	5	2.10	0.92	0 9	55	

TABELA V

Comparação das Cargas medidas e calculadas — Porto da Beira

Estaca N.º	Carga de rotura dos ensaios *Ton*				Carga de rotura calculada *Ton*		Observações
	Campo	Código de Boston	Nova York	R. E. E. F.	Fórmula de Hiley	Meyerhof	
							Usando valores do ensaio «vane» em solo intacto:
D 4	> 110	—	—	—	104	119	$Q_p = 9$ $Q_f = 110$
B 14	> 120	—	—		60	118	$Q_p = 6$ $Q_f = 112$
F 69	> 110	—	132	—	82	118	$Q_p = 27$ $Q_f = 91$
B 113	> 110	—	—	—	103	155	$Q_p = 26$ $Q_f = 129$

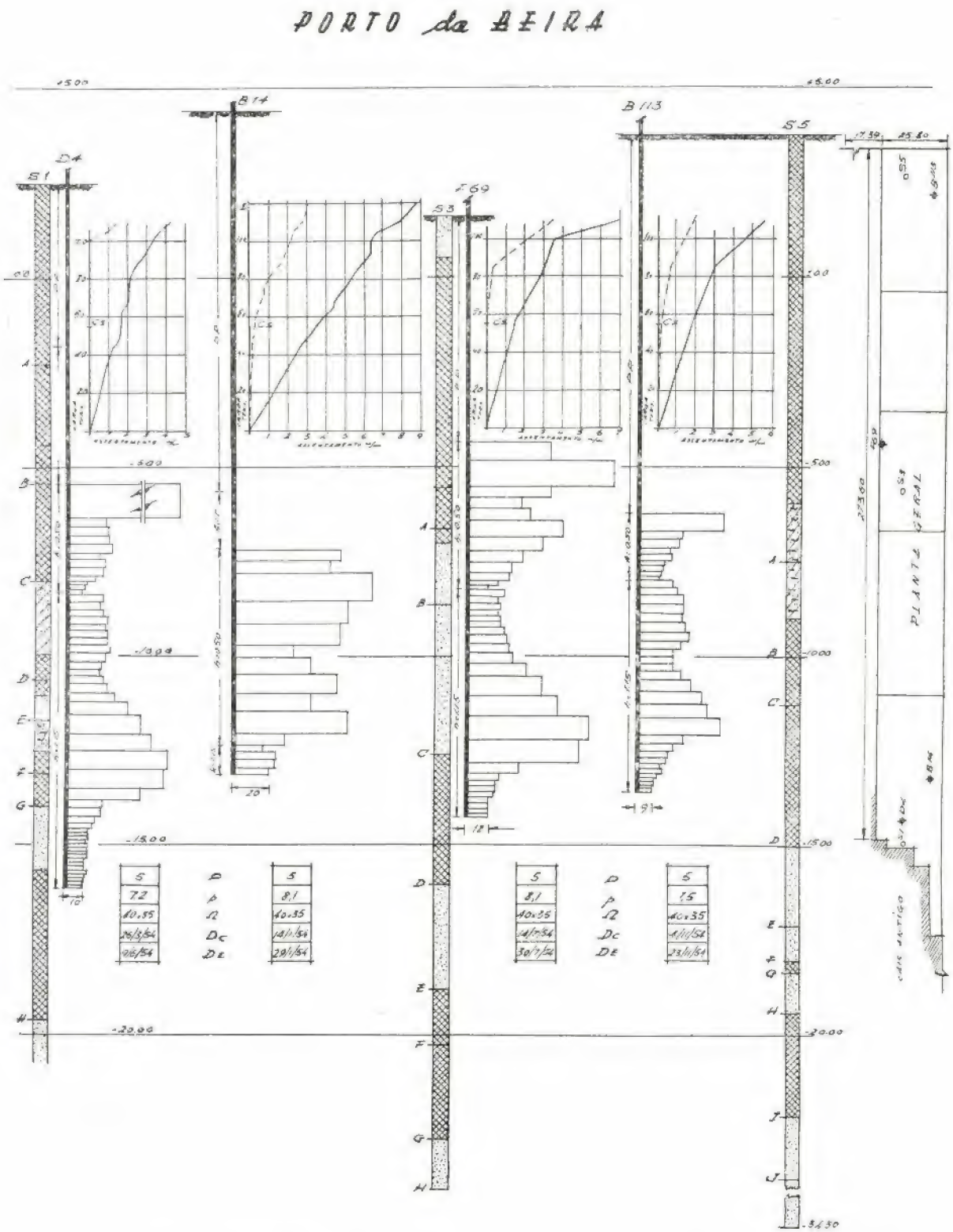


Fig. 5 — Cravação de estacas, ensaios de carga e sondagens — Porto da Beira

TABELA VI

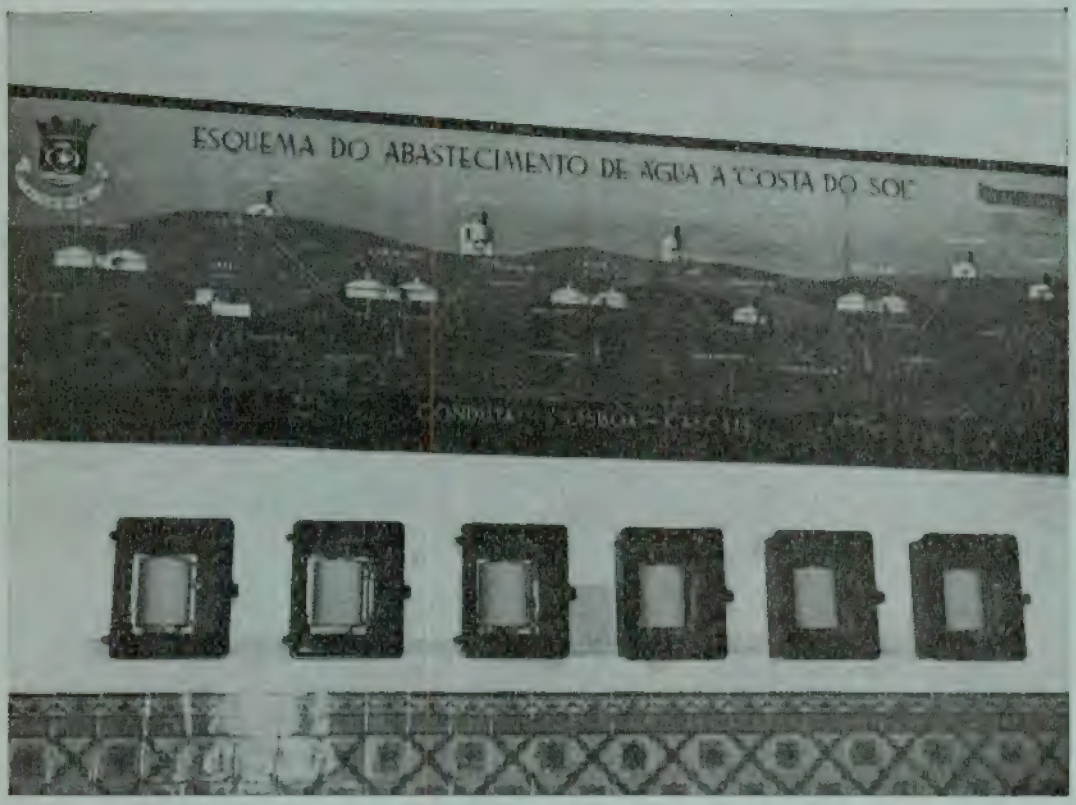
Dados de ensaios de solos — Porto de Porto Amélia

Sondagem N.º	S 2														
Cota da Amostra	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Análise mecânica:															
Areia (2,4 a 0,076 mm)	97	87	87	86	83	89	93	94	99	97	94	96	94	50	5
Silte (0,76 a 0,005 mm)	} 3	} 13	} 13	} 14	} 17	} 11	} 7	} 6	} 1	} 3	} 6	} 4	} 6	23	28
Argila (< 0,005 mm)														27	67
% de colóides (< 0,001 mm)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	49
Limite líquido	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	33	66
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	15	41
Densidade real	2.72	2.68	2.67	2.68	2.68	2.66	2.67	2.66	2.67	2.68	2.68	2.67	2.66	2.72	2.73
Densidade aparente	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.00	2.00
Grau de humidade natural	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	25
Ensaio de corte por translacção:															
Angulo de atrito interno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21°	31°
Coesão aparente — Kg/cm²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.69	0.53

Sondagem N.º	S 4						S 5			S 7								S 8				
Cota da Amostra	A	B	C	D	E	F	A	B	C	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E
Análise mecânica:																						
Areia (2,4 a 0,076 mm)	90	83	94	96	12	24	93	97	96	95	96	71	66	70	2	60	7	92	83	99	68	92
Silte (0,76 a 0,005 mm)	} 10	} 17	} 6	} 4	24	12	} 7	} 3	} 4	} 5	} 4	12	14	10	15	6	13	} 8	} 17	} 1	10	} 8
Argila (< 0,005 mm)					64	64						17	20	17	83	24	80				22	
% de colóides (< 0,001 mm)	—	—	—	—	59	58	—	—	—	—	--	12	16	15	74	20	71	—	—	—	16	—
Limite líquido	NP	NP	NP	NP	74	96	NP	NP	NP	NP	NP	41	25	28	104	33	107	NP	NP	NP	31	NP
Índice de plasticidade	NP	NP	NP	NP	49	69	NP	NP	NP	NP	NP	21	7	11	73	15	72	NP	NP	NP	14	NP
Densidade real	2.64	2.67	2.68	2.67	2.61	2.60	2.64	2.63	2.63	2.66	2.67	2.65	2.64	2.68	2.67	2.64	2.61	2.66	2.66	2.67	2.67	2.70
Densidade aparente	—	—	—	—	2.06	—	—	—	—	—	—	1.83	—	—	1.92	—	—	—	—	—	2.14	—
Grau de humidade natural	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	29	—	—	31	—	—	—	—	—	16	—
Ensaio de corte por translacção:																						
Angulo de atrito interno	—	—	—	—	14°	—	—	—	—	—	—	25°	—	22°	—	—	—	—	—	—	25°	—
Coesão aparente — Kg/cm²	—	—	—	—	0.24	—	—	—	—	—	—	0	—	0 82	—	—	—	—	—	—	0	—

FR. RITTMEYER S. A.

Fabricantes de equipamento de controle para serviços de distribuição de água, barragens, etc.



Grupo de teleregistadores instalados na Central da Câmara Municipal de Oeiras. Esta instalação compreende emissores da medida do nível de água, dos 15 reservatórios equipados, por meio de impulsos de corrente contínua lançados através de pares telefónicos.

REPRESENTANTES:

FACTO, LDA.

R. DA MADALENA, 46-2.º — LISBOA

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

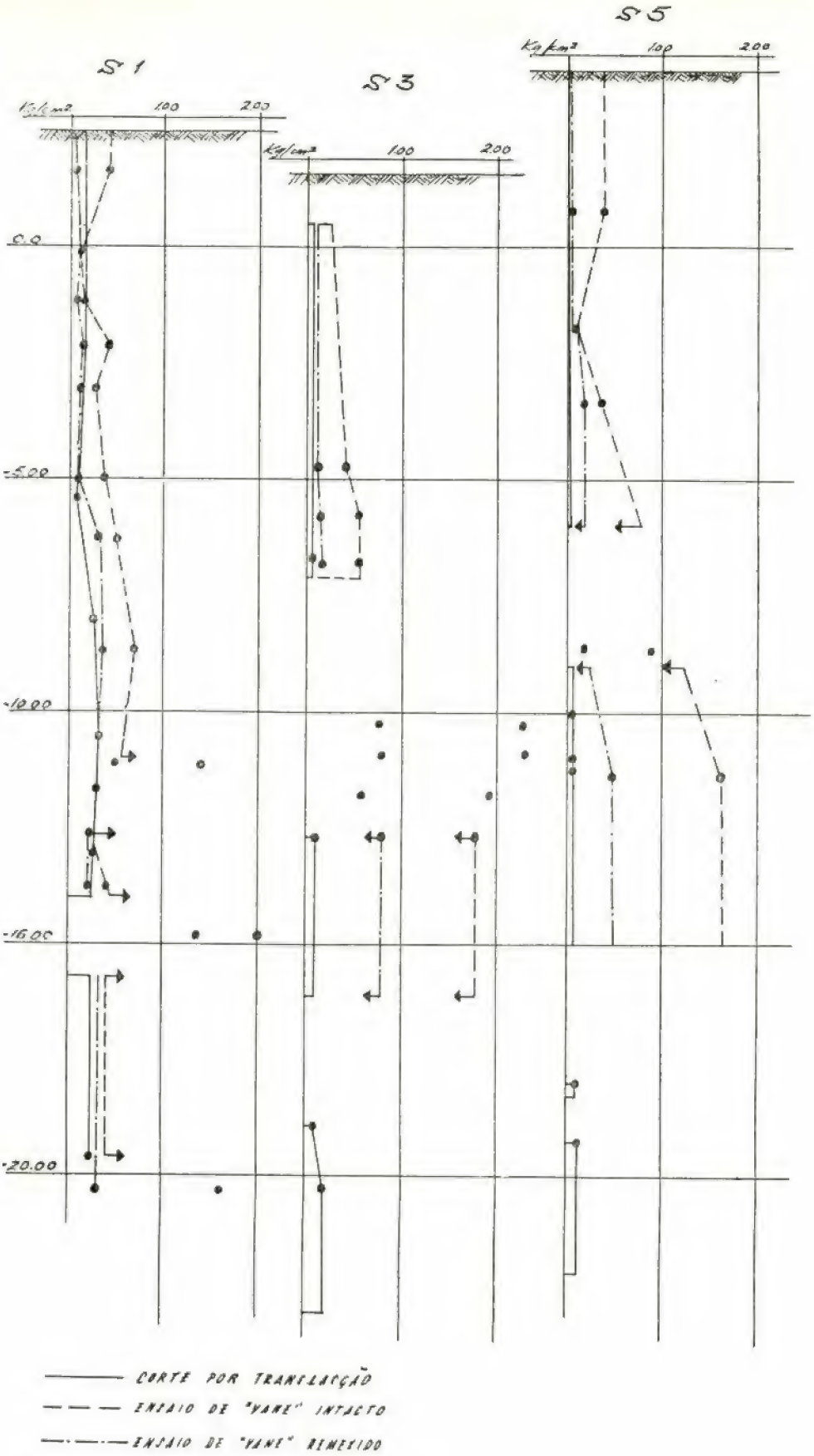


Fig. 6 – Comparação dos resultados dos ensaios de caixa de corte, ensaio «vane» sobre solo intacto e ensaio «vane» sobre solo remexido

TABELA VII

Dados de cravação: Porto de Porto Amélia

Estaca N.º	Secção recta *m*	Comprimento total *m*	Cota do solo *m*	Cota da ponteira da estaca *m*	Nível mínimo de água *m*	Peso da estaca e capacete *Ton*	Peso do martelo *Ton*	Compressão temporária *cm*	Altura de queda livre *m*	Nega final *cm/pancada*	Carga de serviço *Ton*	Observações
C 7	0.35 × 0.35	16	+ 0.80	— 5.60	0.00	5.6	5	1.60	0.80	0.6	70	
C 16	0.35 × 0.35	18.5	— 0.60	— 6.20	0.00	6.1	5	1.40	0.80	1.2	70	1.º ensaio
C 16			— 0.60	— 10.90	0.00	6.1	5	1.40	0.80	0.8	70	2.º ensaio
K 18	0.35 × 0,35	21	— 4.30	— 14.50	0.00	6.9	5	1.40	0.80	0.75	70	
K 25	0,35 × 0,35	19	— 4,40	— 16.90	0.00	6.1	5	1.40	0,80	0.3	70	
	0.40 × 0.40	24.5	— 7.80	— 17.90	0.00	10.3	5	1.60	1,12	9.3	80	1.º ensaio
E 27			— 7.80	— 19.90	0.00	10.3	5	1.60	1.12	1.2	80	2.º ensaio
			— 7.80	— 21.10	0.00	10.3	5	1.60	1,12	0.8	80	3.º ensaio

TABELA VIII

Comparação das cargas medidas e calculadas — Porto de Porto Amélia

Estaca N.º	Carga de rotura dos ensaios *Tons*				Carga de rotura calculada *Tons* Fórmula de Hiley	Valor do ângulo de atrito interno calculado pela teoria de Meyerhof	Observações
	Campo	Código de Boston	Nova Yorque	R. E. E. F.			
C 7	> 140	–	–	–	142	ϕ 37°	Só resistência de ponta
C 16	90	–	–	–	101	ϕ = 33° 40′	1.º ensaio
	130	–	–	–	128	ϕ = 34° 20′	2.º ensaio
K 18	90	90	78	86	125	ϕ = 32° 30′	
K 25	> 142	–	–	–	192	ϕ = 34°	
E 27	50	–	–	–	21	ϕ = 29°	1.º ensaio
	120	122	122	120	104	ϕ = 32°	2.º ensaio
	150	160	160	142	129	ϕ = 32° 30′	3.º ensaio

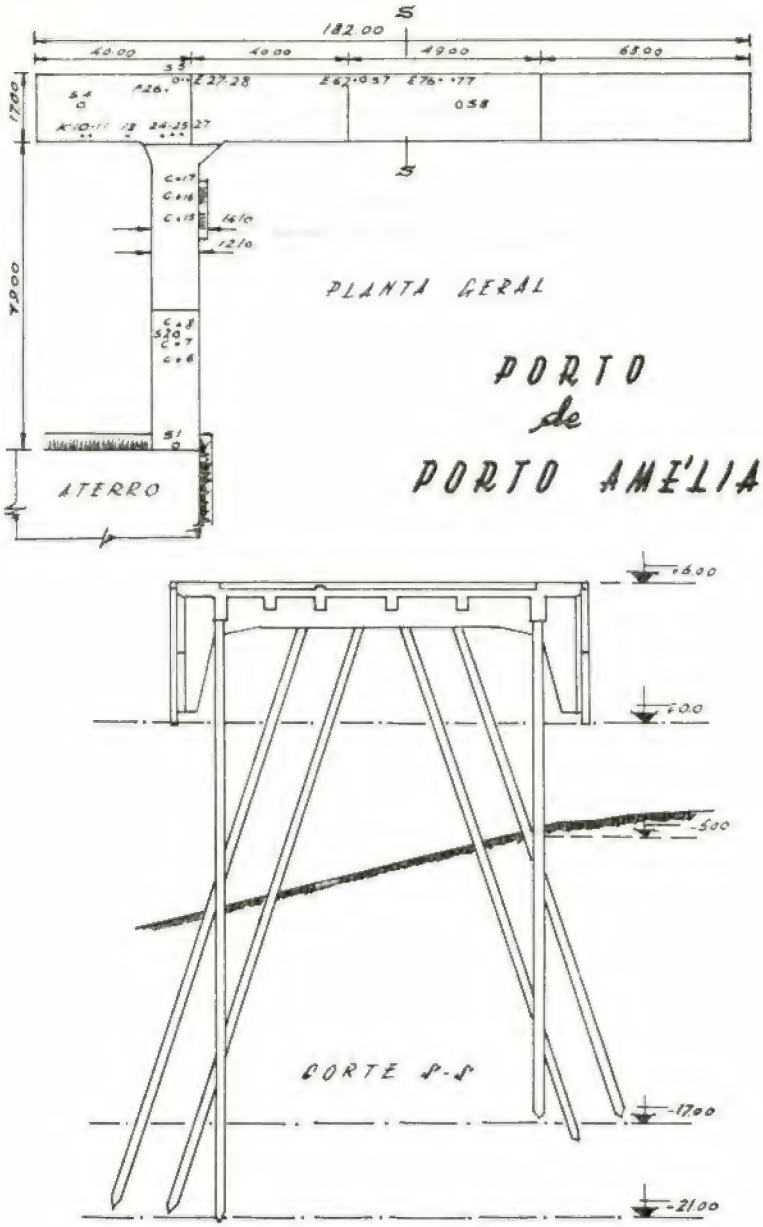


Fig. 7 — Ponte-Cais de Porto Amélia

ensaios de carga com a avaliação da capacidade de carga das estacas pelo método de *Meyerhof*.

Infelizmente, a aparelhagem para ensaio de carga de que o empreiteiro dispunha não permitiu exceder 110 ton., correspondente ao factor de segurança 2 em relação à carga de serviço. Mas, apesar disso, pode verificar-se que a fórmula de Hiley fornecia valores sistemàticamente inferiores aos obtidos nos ensaios. Por outro lado, o emprego da teoria de *Meyerhof* conduziu a resultados aceitáveis, *mas só no caso em que a adesão solo-estaca fosse calculada pelos valores do ensaio «vane» sobre solo inalterado* (com o limite superior dessa adesão $C = C_a = 1$ kg cm^2). O emprego dos valores de C deduzidos do ensaio de caixa de corte ou do ensaio «vane» sobre solo remexido deu origem a valores muito abaixo dos obtidos nos ensaios de carga.

Deve ter-se em conta, contudo, que em face da natureza das argilas, a colheita de amostras inalteradas não correu satisfatòriamente, tanto mais que não foram empregados extractores aperfeiçoados. Assim, os valores de C resultantes do ensaio de corte por translacção devem

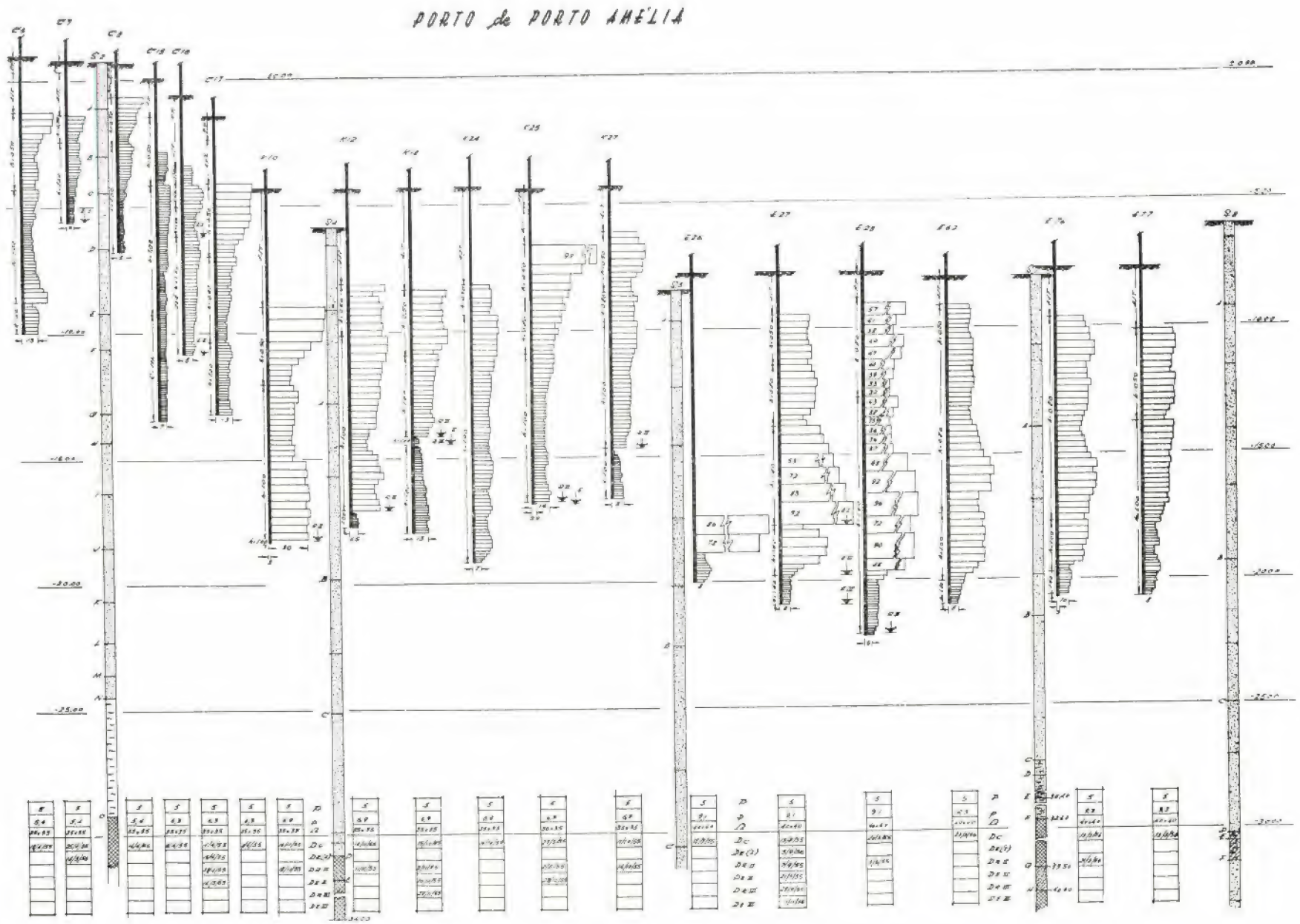
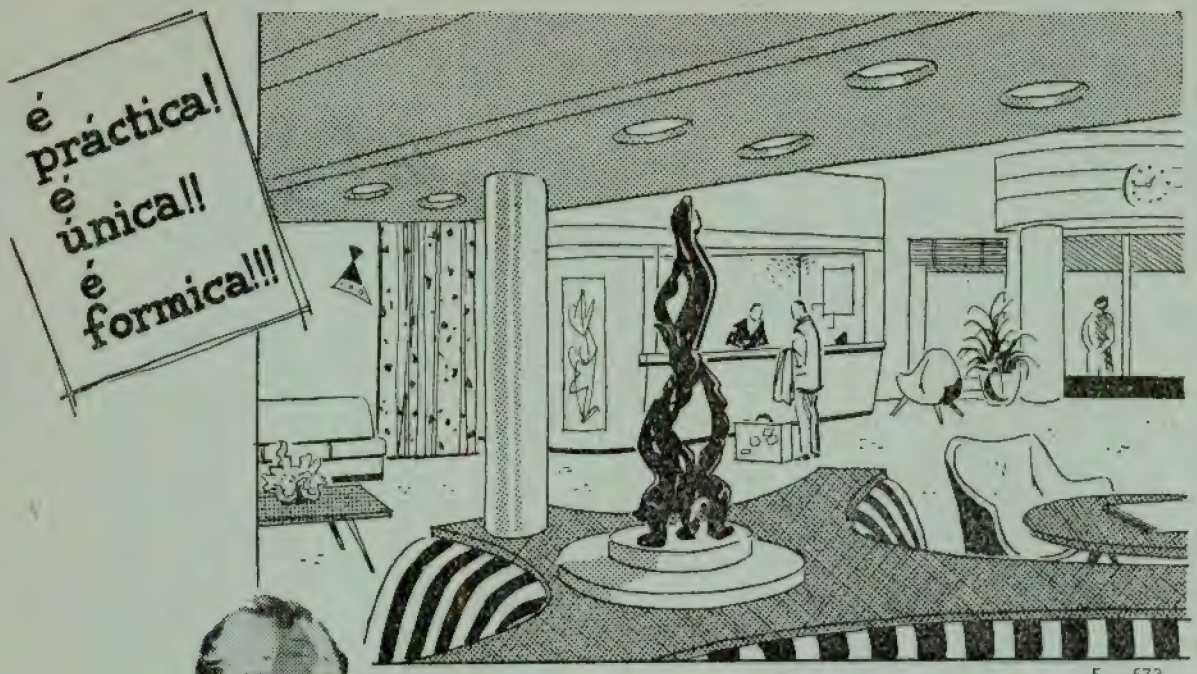


Fig. 8 — Cravação de estacas e sondagens — Ponte-Cais de Porto Amélia



F — 573

Agora sou um homem feliz!

Porque instalei FORMICA no meu hotel. Os móveis da recepção, os tampos das mesas, o balcão, as casas de banho, são revestidos com a FORMICA genuina que resiste inalterável toda a vida. O hotel tem um aspecto alegre e agradável, que encanta os clientes.

É sempre melhor comprar o melhor!

FORMICA REGD. MATERIAL DE REVESTIMENTO

COMO OBTER FORMICA...

Consulte o seu Arquitecto ou Decorador, ou peça o folheto ao:

CENTRO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA S.A.R.L. Rua D. João V, 2 - LISBOA - Telf. 68 00 07

SOMANOR — Sociedade de Materiais Eléctricos do Norte, Lda. — Praça Carlos Alberto, 128-A — PORTO

ARMAZÉNS DO ARNADO, L.DA — Largo do Arnado, 5 e 7 — COIMBRA

Verifique o nome de FORMICA em cada chapa

HEENAN & FROUDE LTD.

WORCESTER
ENGLAND

VELOCIDADE VARIÁVEL COM

Motor «shunt» de corrente contínua

Unidade electrónica de rectificação

Regulador de velocidade

Representada por:

THE ENGINEERING COMPANY OF PORTUGAL, LDA.

Rua dos Remolares, 12-1.º — LISBOA

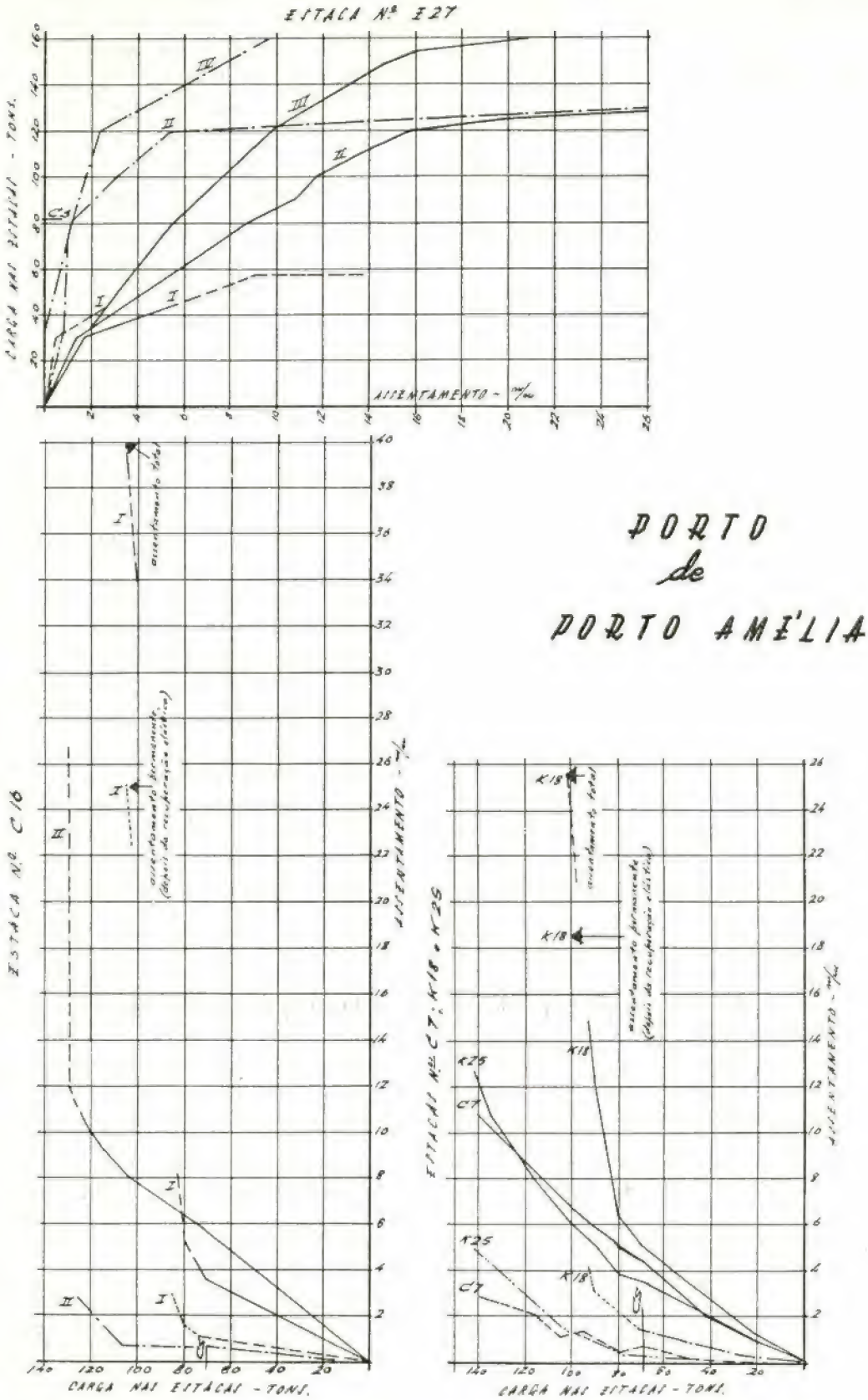


Fig. 9 — Curvas de carga-assentamento para estacas da Ponte-Cais de Porto Amélia

ser considerados como afectados por um certo grau de alteração do solo.

Porto de Porto Amélia

A Fig. 7 representa o plano geral e o corte da Ponte-Cais de Porto Amélia; na Fig. 8 reunem-se os elementos quanto a cravação de estacas e à natureza dos solos e na Fig. 9 apresentam-se curvas de ensaio de carga das estacas.

A Tabela VI dá os resultados dos ensaios de solos, a Tabela VII os dados de cravação e a Tabela VIII os valores das capacidades de carga calculadas e resultantes dos ensaios.

Os resultados das sondagens mostraram a existência de camadas de areia até profundidades relativamente grandes, assentando em argilas muito compactas e bastante comuns na costa norte de Moçambique. As areias têm percentagem variável, mas sempre relativamente pequena, de silte e argila.

Os ensaios de carga das estacas foram particularmente valiosos, por terem sido conduzidos em vários casos até à rotura. Baseados nos seus resultados, calcularam-se pela teoria de *Meyerhof* os ângulos de atrito interno correspondentes para as areias, tendo em atenção sòmente a resistência de ponta. Os resultados (Tabela VIII),estão dentro dos valores correspondentes a estes tipos de areia.

Quanto ao emprego da fórmula de *Hiley*, o acordo obtido foi bom para as estacas C7 e C16 (cravadas em areias com menor percentagem de silte e argila), e insatisfatório para as restantes. No caso da estaca K 25, verificou-se acréscimo da resistência à cravação depois de repouso.

Comportamento das obras

Todas as obras estudadas (excepto Porto Amélia), se encontram em exploração há bastante tempo, sendo mantidas sob cuidadosa observação.

Nenhuma delas acusou assentamentos sensíveis, mas no caso da obra do Porto da Beira verifica-se uma oscilação de nível, da ordem de 4 mm, nos dois sentidos, que parece relacionada com as marés, que neste ponto têm uma amplitude de cerca de 7 metros. O fenómeno está sendo devidamente estudado.

Conclusões

Os cálculos da capacidade de carga de estacas cravadas em solos muito diversos, baseados na teoria de *Meyerhof*, parecem conduzir a resultados satisfatórios. Os cálculos baseados na fórmula de *Hiley* fornecem, na maioria dos casos, valores pouco aproximados.

FEIRA DE HANNOVER

Em Hannover estarão expostas por um lado as máquinas construidas segundo as mais recentes aquisições da ciência e por outro lado oferece-se ao visitante a possibilidade de comprar em condições mais favoráveis.

Têm merecido especial atenção a Indústria Eléctrica com máquinas ligeiras, produtos da indústria fonográfica, indústria de iluminação e instalações de indústria eléctrica pesada.

A construção de máquinas estará este ano representada em maior escala em especial as máquinas pesadas de combustão que se expõem de dois em dois anos.

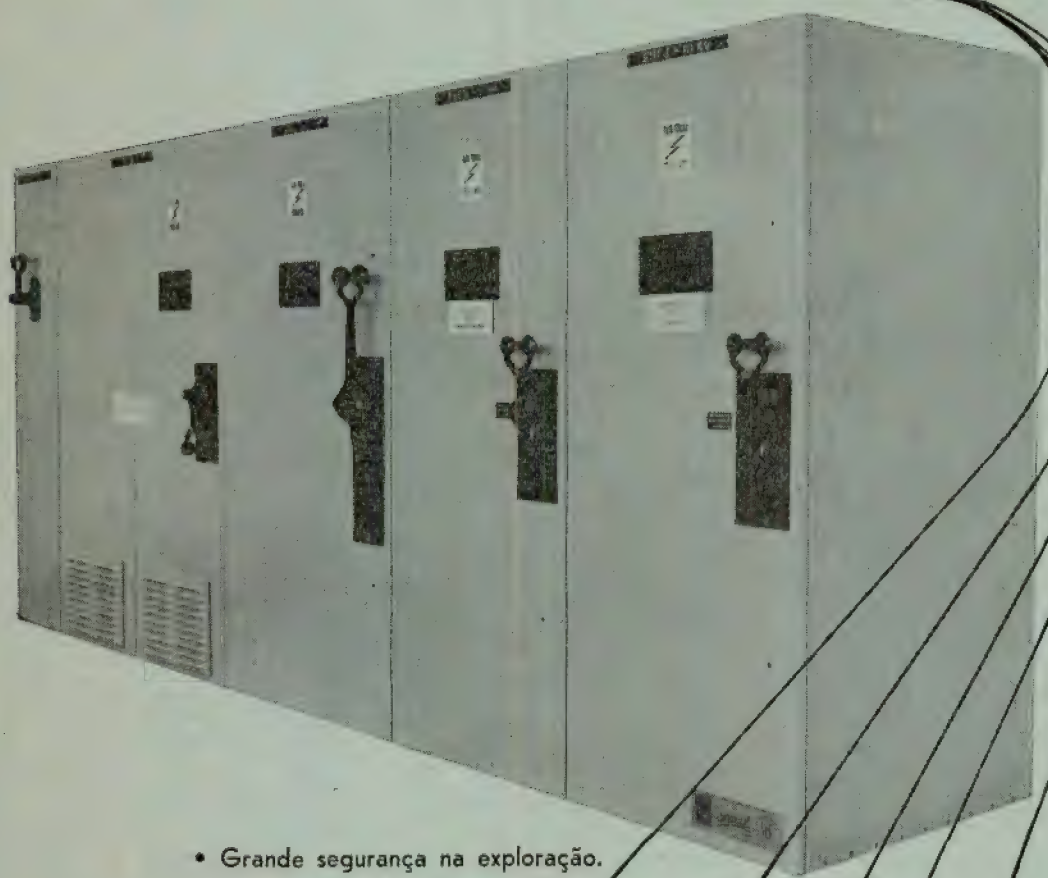
Encontraremos ainda os expositores do grupo de Mecânica de Precisão e Óptica e as firmas de Indústria Química e de Plásticos.

Na feira de este ano procura-se também destacar as máquinas Têxteis. Ressalta ainda ao visitante a parte de engrenagens, instalações de laminação acopolamento e outros elementos de propulsão bem como a respeitante máquinas ferramenta.

ARMÁRIOS MONOBLOCO

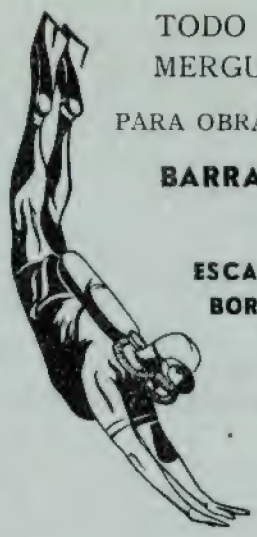
Soprel

ACEC



- Grande segurança na exploração.
- Continuidade de serviço.
- Fácil manutenção.
- Instalação rápida e cómoda, sem necessidade de qualquer trabalho de engenharia civil para a utilização destas unidades. Podem ser colocadas nos próprios lugares onde é necessária a energia eléctrica, donde resulta:
  1) Facilidade de exploração e economia;
  2) Material normalizado, reduzindo os atrasos de fornecimento e
  3) Pequeno atravancamento.

"COUSTEAU-GAGNAN"



TODO O MATERIAL DE MERGULHO AUTÓNOMO

PARA OBRAS DE:

BARRAGENS, PONTES PORTOS, ETC. ...

ESCAFANDROS, FATOS DE BORRACHA, LANTERNAS, BATÍMETROS, ETC.

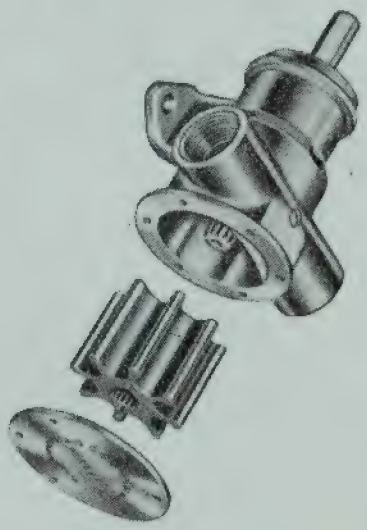
PEÇA O N/ CATÁLOGO

Um Exclusivo da

RUA DO CARMO, 21
LISBOA

Tel. 22797 — 24643

BOMBAS



Se há um problema de bombas consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boa Vista, 63 — LISBOA

J. B. FERNANDES & C.ª, L.DA

CASA FUNDADA EM 1781

Telefones P. P. C. 32591/5

Largo de S. Julião — LISBOA

*

Sempre em "stock" aos melhores preços:

— Tubos para água, galvanizados e pretos.
— » de aço sem costura para alta pressão.
— » » » » » » vapor.
— » » » para caldeiras.
— » » largos diâmetros para poços.
— » » cobre, latão, de aço inox.
— Acessórios para tubos.
— Chapa de aço inoxidável.
— » » ferro chumbado.
— » macia super-estanhada.
— » galvanizada, lisa e ondulada.
— » de alumínio ondulada para cobert.
— » » ferro, fina, média e grossa.
— » » » xadrez.
— » » metal Muntz para barcos.
— » » zinco e de chumbo.
— » » aluminio.
— » » cobre.
— » » latão.
— Folha de Flandres.
— Bronze fosforoso de fundição centrifugada em casquilhos e cavilhas.
— Bronze manganês para veios.
— Metal antifricção inglês.
— Arco galvanizado para vazilhame.
— Barramento de ferro em todos os perfis.
— Arco de tanoeiro.
— Arames vulgares, de ferro e zincados.
— Arames de aço inoxidável, de bronze, latão e cobre.
— Ferramentas «BELZER», nas mais modernas concepções para a indústria.
— Brocas, Mandris, Machos e Buchas marca «MAY».
— Solda de todos os tipos para metais ferrosos e não ferrosos.
— Cabos de aço e inoxidável.
— Correntes de ferro e de aço.
— Aparelhos diferenciais.
— Aparelhos eléctricos, de furar, ventoinhas, esmeriladoras, etc.
— Guilhotinas e saca-bocados.
— Macacos hidráulicos.

VASTÍSSIMO SORTIDO DE:
FERRAMENTAS, AÇOS, FERRAGENS E METAIS

Lingotes de Bronze / Latão
Cobre-fósforo / Zinco / Estanho
Chumbo / Antimónio, etc.

CUTILARIAS DAS MELHORES MARCAS

ARTIGOS DOMÉSTICOS

C. D. U. 537.311.33:621.392.5

Enquadramento do transistor na teoria dos Quadripolos lineares

PELO ENG. ELECT. (I. S. T.) J. MARIANO JERVIS PEREIRA
Assistente do I. S. T.
Bolseiro do Centro de Estudos de Energia Nuclear
(Centro de Electrónica)

Os transistores, produto da técnica da última década, são unidades cujas funções equivalem, em certos domínios, às dos tubos electrónicos. Suas pequenas dimensões e a economia de energia que permitem conferem-lhes características técnicas de grande valor que os tornam unidades de grande interesse em vários campos da ciência aplicada como sejam a Cibernética, Energia Nuclear, etc.

Tratando-se dum assunto moderno, cuja teoria e formas de aplicação convém divulgar, pensou o Centro de Electrónica ser da máxima conveniência publicar os princípios fundamentais e considerar algumas aplicações dos transistores.

INTRODUÇÃO

Sendo a teoria dos quadripolos a mais apropriada para o estudo dos sistemas de transmissão de sinais, procura-se no presente trabalho enquadrar o transistor dentro desta teoria. Para isso realiza-se um estudo simplificado dos fenómenos físicos básicos inerentes a um semi-condutor, a partir do qual se deduz a forma do quadripolo equivalente e suas propriedades. O estudo é finalizado com os métodos de medida dos parâmetros, aplicando-se as conclusões tiradas ao projecto dum amplificador em classe A.

Dentro deste critério temos pois os seguintes capítulos:

1 — *Teoria das bandas electrónicas nos sólidos*

Estudamos um cristal com simetria a uma dimensão, admitindo a existência duma função potencial periódica. O conceito de banda electrónica de energia define-nos duma forma clara a distinção entre um metal, um semi-condutor e um isolante.

2 — *Semi-condutores*

Estuda-se o comportamento da condutividade dum semi-condutor com a temperatura e com a concentração de certas impurezas. Deduz-se a lei que rege a difusão de cargas eléctricas no interior dum semi-condutor.

3 — *Estudo do transporte de cargas eléctricas em zonas de descontinuidade material*

A criação de barreiras de potencial nas zonas de junção metal semi-condutor e semi-condutor-semi-condutor é tratado dum ponto de vista fenomenológico.

4 — *O transistor*

Estuda-se de forma simplificada os vários tipos de transistores actualmente existentes com o fim de concluir sobre suas principais características.

5 — *O transistor enquadrado na teoria dos quadripolos activos*

Deduz-se o quadripolo equivalente do transistor, e estudam-se as suas principais propriedades.

6 — *Determinações experimentais*

1 — TEORIA DAS BANDAS ELECTRÓNICAS NOS SÓLIDOS

Admitimos a existência dum cristal linear no interior do qual existe um potencial periódico.

A solução da equação de Schroedinger, introduz-nos o conceito de bandas electrónicas, conceito este que duma forma clara estabelece a diferença entre um metal, um semi-condutor e um isolante.

1.1 — SOLUÇÕES DA EQUAÇÃO DE SCHROEDINGER

Num sólido, devido ao elevado número de partículas interessadas, o problema de determinação das funções de onda e dos níveis de energia possíveis é bastante complexo.

Torna-se necessário introduzir certas simplificações, como sejam que os núcleos dos átomos se encontram em posições fixas, bem determinadas e que os electrões se comportam como independentes, movendo-se num campo de potencial periódico. Entenda-se que este campo será obtido por sobreposição dum termo originado pelos núcleos e doutro que será um termo médio de contribuição dos restantes electrões.

Esta aproximação, conhecida pelo nome de teoria do electrão único, admite dois casos extremos de solução: o caso em que o electrão se encontra num estado excitado (esquema de Bloch) e o caso em que o electrão está fortemente ligado (esquema de Heitler-London). Embora nenhum destes dois casos seja a solução para o caso dos electrões de valência, os dois conjugados dão-nos uma ideia suficientemente aproximada do comportamento destes. Estudaremos simplesmente o caso de periodicidade a uma dimensão que já nos dá as características essenciais da solução mais geral.

Seja $V(x)$ a função potencial periódica de período d, satisfazendo a $V(x) = V(x + nd)$ em que n é um inteiro negativo ou positivo. O nosso problema vai consistir pois, na determinação dos valores característicos de energia, soluções da equação de Schrodinger

$$\frac{d^2U}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\,[E - V(x)]\,U = 0 \qquad (1)$$

$$\hbar = \left(\frac{h}{2\pi}\right)$$

O teorema de Floquet diz-nos que a solução desta equação diferencial é da forma $U = u_k(x)$ exp. ikx, sendo $u_k(x)$ uma função de período d.

Substituindo na equação (1) vem

$$\frac{d^2 u_k}{dx^2} + 2ik\frac{du_k}{dx} + \frac{2m}{\hbar^2}\left[E - \frac{\hbar^2 . k^2}{2m} - V(x)\right]u_k = 0 \qquad (2)$$

Sem fixar a forma de variação de $V(x)$, vejamos como se pode, desde já, tirar conclusões sobre o tipo de solução:

1 — Da forma da equação diferencial, conclui-se que u_k não pode ser uma função real, a menos que $k = 0$ ou $u_k = \text{const.}$ O último caso corresponde a supor $V(x) = \text{const.}$ (teoria de Sommerfeld).

2 — Se mudarmos o sinal de k, isso equivale a mudar o sinal do termo imaginário, donde $u_{-k}(x) = u_k^x(x)$. Como essa mudança de sinal mantém o valor de energia, concluímos que esta é uma função par de k.

3 — Como E_k é uma função par e analítica de k, será $\frac{dE_k}{dk} = 0$ para $k = 0$. Conjugando 2 e 3 com a forma da equação diferencial, podemos dizer que na vizinhança de $k = 0$ será $E_k = E_o + \alpha k^2$ em que α é uma constante.

4 — O valor de k é definido a menos $\frac{2\pi}{d}s$ (s inteiro). Com efeito

$$v = u_k(x)\,\text{exp.}\,(ikx) = u'_{k+\frac{2\pi}{d}s}$$

$$\text{exp. } i\left(k + \frac{2\pi}{d}s\right) . x$$

com $u'_{k+\frac{2\pi}{d}.s} = u_k \,.\, \text{exp.} - \frac{2\pi}{d}six$ onde como se vê $u'_{k+\frac{2\pi}{d}.s}$ continua a ser periódica de período d. Este facto, leva à definição de valores de k compreendidos em zonas chamadas de Brillouin. Valores de k, compreendidos entre $-\frac{\pi}{d}$ e $+\frac{\pi}{d}$, constituem a chamada primeira zona.

A zona seguinte compreende duas partes a saber entre $-\frac{2\pi}{d}$ a $-\frac{\pi}{d}$ e $\frac{\pi}{d}$ a $\frac{2\pi}{d}$.

5 — Ainda que a região entre $-\frac{\pi}{d}$ e $\frac{\pi}{d}$ contenha os valores de k suficientes para nos dar a solução completa da equação de onda, não há razão para restringir k a esta região. Assim definiremos $u_{n,k}$ como uma função periódica de k de período $\frac{2\pi}{d}$ e $E_{n,k}$ também será periódica. Tere-

mos consequentemente que na fronteira das zonas de Brillouin $\frac{d}{dk}(E_{n,k}) = 0$.

6 — Funções da forma u_k (x) exp. (i k x) são características de energia, mas a menos que V(x) seja constante, não são características do momento. O valor do momento será dado por $p = \frac{m}{h} \cdot \frac{dE_k}{dk}$ e como se vê será proporcional a k para valores pequenos de k e na zona fronteira de Brillouin será $p = 0$.

Um caso possível de solução da equação diferencial (2) será esquemàticamente dado por:

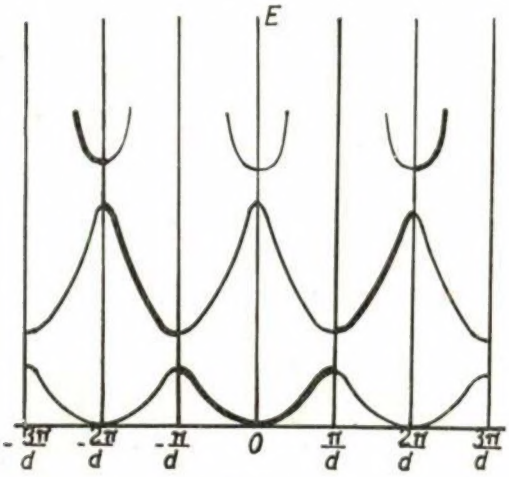


Fig. 1

Da Fig. 1 concluimos que cada valor de energia pode ser associado com um valor de k duma das zonas e vice-versa, cada valor de k pode corresponder a vários valores de energia. Torna-se mais simples, no entanto, associar a cada valor de k um só valor de energia o que se consegue seleccionando, em cada zona, um ramo conveniente de cada curva. Adoptando esse critério o momento varia como se indica na fig. 2.

Interessa-nos agora determinar o número de funções de onda existente em cada banda. Para isso suporemos um cristal limitado, com um comprimento L, a que corresponderá um número de células unitárias N tal que $L = N \cdot d$. Admitamos uma simetria circular para o cristal.

A condição fronteira mais lógica a impor será $U_n = U_n + N$, visto que, N átomos após o átomo n, temos novamente o mesmo átomo (condição fronteira de Born e Von Karman). Ora se N for um número suficientemente grande, é evidente que fisicamente não há distinção entre a cadeia circular e a linear, dado que as interacções entre átomos estão confinadas a zonas pouco extensas. Nesta hipótese temos

$$U(x) = U(x + L)$$

ou seja

$$u_k(x + L) \exp. i k (x + L) = u_k(x) \cdot \exp i k x \quad (3)$$

pelo que

$$k \cdot L = 2 n \pi,$$

onde

$$n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots, \pm N/2 \quad (7)$$

Temos portanto N valores possíveis para n

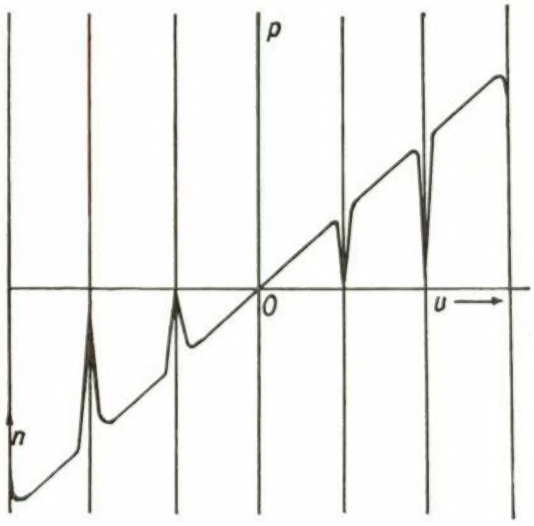


Fig. 2

donde N funções de onda. Atendendo porém ao princípio de Pauli, sabemos que cada função de onda representa dois estados electrónicos (spins diferentes) pelo que concluímos finalmente que o número total de funções de onda será 2 N por banda ou seja duas vezes o número de células unitárias.

1.2 — ANÁLISE DOS RESULTADOS

Do que foi exposto anteriormente, ressaltam um certo número de conclusões importantíssimas para o estudo dos meios sólidos cristalinos. Assim sabemos que em Mecânica Quântica, a velocidade duma partícula é dada pela velocidade de grupo da onda que a representa, pelo que $v = \frac{d\omega}{dk}$ com $E = h \cdot \omega$

temos finalmente $v = h^{-1} \cdot \frac{dE}{dk}$ (4)

Se os electrões fossem livres, teríamos $E_k = \frac{h^2 \cdot k^2}{2m}$ ou seja $v = \frac{hk}{m} = \frac{p}{m}$. Da teoria das bandas electrónicas sabemos, no entanto, que E não é simplesmente proporcional a k^2.

Seleccionemos então, por exemplo, a curva E (k) na primeira zona de Brillouin.

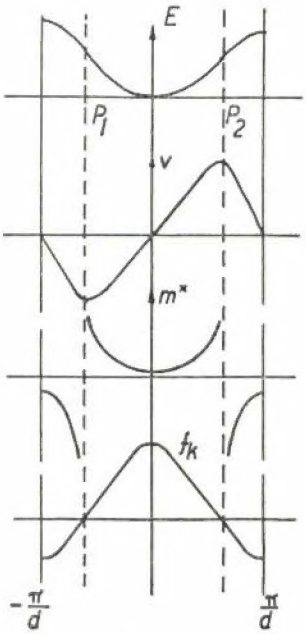


Fig. 3

Para $k = 0$, $k = -\frac{\pi}{d}$ e $k = +\frac{\pi}{d}$ sabemos que $\frac{dE_k}{dk} = 0$ donde a curva tem nos intervalos $\left(-\frac{\pi}{d}, 0\right)$ e $\left(0 + \frac{\pi}{d}\right)$ um ponto de inflexão.

$$\left(\frac{d^2 E_k}{dk^2}\right)_{P_1 \text{ e } P_2} = 0$$

Quer isto dizer, portanto, que a velocidade dos electrões na banda admite um máximo absoluto nestes 2 pontos e se anula no meio e extremos da banda (Fig. 2).

É importante notar que passado o ponto de inflexão, a velocidade da partícula decresce com o aumento de energia.

Como vimos

$$v = h^{-1} \cdot \frac{dE}{dk}$$

donde

$$\frac{dv}{dt} = h^{-1} \cdot \frac{d}{dk} \cdot \frac{dE_k}{dt} .$$

Do princípio de Ehrenfest que afirma a equivalência entre os valores clássicos e os valores médios, deduzidos em mecânica quântica, temos

$$\frac{dE}{dt} = F \cdot v$$

donde

$$\frac{dv}{dt} = h^{-1} \frac{d}{dk} (F \cdot v) = \frac{F}{m^x} \qquad (5)$$

Concluímos portanto que o electrão, em cada banda, se comporta como tendo uma massa equivalente igual a $m^x = h^2 \cdot \frac{1}{\frac{d^2 E}{dk^2}}$ (6)

Uma força acelerará portanto o electrão até este atingir a velocidade máxima nos pontos de inflexão. A partir de aí o electrão será decelerado comportando-se como se tivesse uma massa negativa. Atendendo porém a que F é uma força do tipo Laplace-Lorentz $F = -e\left(\vec{E} + \frac{1}{c}[v, B]\right)$, traduziremos este facto dizendo que o electrão nos topos da banda se comporta como tendo uma carga positiva. Definamos f_k, como sendo um factor que nos mede até que ponto um electrão no estado k é livre. Será então

$$f_k = \frac{m}{m^x} = \frac{m}{h^2} \cdot \frac{d^2 E}{dk^2} \qquad (7)$$

Se m^x for grande o valor de f_k será pequeno e o electrão comportar-se-á como uma partícula pesada, se $f_k = 1$ o electrão comportar-se-á como um electrão livre.

1.3 — METAIS, ISOLANTES E SEMI-CONDUTORES

É evidente que uma teoria rigorosa exigiria a consideração de periódicidade nas 3 dimensões, porém vamos ver que o caso simples estudado, é suficiente para nos dar uma ideia da razão porque uma substância cristalina pode ser um bom ou mau condutor de electricidade.

Consideremos uma substância cristalina para a qual é definida uma banda de energia completa até um certo valor k_1. Interessa-nos saber, por exemplo, no que diz respeito à acção dum campo eléctrico exterior quantos electrões livres existem nessa banda. Uma vez conhecido este valor, devemos poder tirar conclusões acerca da condutividade associada a essa banda.